UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

ANNÉE 1951 — N° 6

Du Cathétérisme veineux du cœur droit

Contribution personnelle

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement en Février 1951

PAR

Pierre CALAZEL

INTERNE DES HOPITAUX

Membres du Jury

MM. E. ROQUES .. *Président*

J. DUCUING . } *Assesseurs*

P. MÉRIEL ... } *Assesseurs*

J. BAUDOT .. } *Assesseurs*

J. POULHÈS . *Suppléant*

TOULOUSE

IMPRIMERIE P. JULIA, 2, RUE TEMPONIÈRES

—

1951

Pierre CALAZEL

DuCathétérisme veineux du cœur droit
(Contribution personnelle)

Toulouse. Imprimerie P. JULIA.
1951, in-8° (107 pages).

(*Thèse Médecine, Toulouse,* n° 6)

Pierre CALAZEL

DuCathétérisme veineux du cœur droit
(Contribution personnelle)

Toulouse. Imprimerie P. JULIA.
1951, in-8° (107 pages).

(*Thèse Médecine, Toulouse,* n° 6)

Pierre CALAZEL

DuCathétérisme veineux du cœur droit
(Contribution personnelle)

Toulouse. Imprimerie P. JULIA.
1951, in-8° (107 pages).

(*Thèse Médecine, Toulouse,* n° 6)

Pierre CALAZEL

DuCathétérisme veineux du cœur droit
(Contribution personnelle)

Toulouse. Imprimerie P. JULIA.
1951, in-8° (107 pages).

(*Thèse Médecine, Toulouse,* n° 6)

Du Cathétérisme veineux du cœur droit

Contribution personnelle

UNIVERSITE DE TOULOUSE

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

ANNÉE 1951 N° 6

Du Cathétérisme veineux du cœur droit

Contribution personnelle

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement en Février 1951

PAR

Pierre CALAZEL

INTERNE DES HOPITAUX

Membres du Jury

MM. E. ROQUES . . *Président*
J. DUCUING . . *Assesseurs*
P. MÉRIEL . . . *Assesseurs*
J. BAUDOT . . *Assesseurs*
J. POULHÈS . *Suppléant*

TOULOUSE
IMPRIMERIE P. JULIA, 2, RUE TEMPONIÈRES

1951

UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

FACULTE MIXTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE

TABLEAU DU PERSONNEL

DOYEN. . . . . MM. LEFEBVRE.
ASSESSEUR. . . . . BRUSTIER.
Doyens honoraires. . . . . GORSE — CALVET.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. RISPAL — MM. MERIEL — MM. GARIPUY.
LAFFORGUE — CLERMONT — RIBAUT.
SERR. — VALLOIS.

PROFESSEURS

Clinique de neurologie et de psychiatrie. . . . . MM. RISER.
Clinique médicale. . . . . TAPIE, ROQUES.
Clinique obstétricale. . . . . GUILHEM.
Physiologie. . . . . SOULA.
Clinique chirurgicale et du Cancer. . . . . DUCUING.
Physique biologique et médicale. . . . . BUGNARD.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques. . . . . NANTA.
Chimie et Toxicologie. . . . . BRUSTIER.
Pathologie générale et médecine expérimentale. . . . . SENDRAIL.
Clinique chirurgicale et gynécologie. . . . . LEFEBVRE.
Anatomie. . . . . LAZORTHES.
Histoire naturelle. . . . . DELAS.
Clinique médicale infantile et puériculture. . . . . SOREL. R.
Pharmacie. . . . . CAUJOLLE.
Pathologie interne. et Clinique des Maladies de la Tuberculose. . . . . MOREL.
Bactériologie, hygiène, médecine sociale. . . . . ANDRIEU.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie. . . . . VIRENQUE.
Clinique des maladies des voies urinaires. . . . . FABRE (P.).
Matière médicale. . . . . VINCENT.
Hydrologie thérapeutique et climatologie. . . . . MERIEL (P.).
Anatomie pathologique. . . . . FABRE (Jacques).
Clinique O. R. L. et de chirurgie maxillo-faciale. . . . . CALVET.
Clinique ophtalmologique. . . . . CALMETTES.
Chimie biologique. . . . . VALDIGUIÉ (P.)
Médecine légale et du Travail. . . . . PLANQUES.
Histologie et Embryologie. . . . . BROUSSY.
Médecine Sociale. . . . . BOUNHOURE
Thérapeutique. . . . . GADRAT
Pathologie Chirurgicale. . . . . GRIMOUD
Stomatologie. . . . . CADENAT.

PROFESSEUR SANS CHAIRE

Physiologie. . . . . MM. BAISSET.
Anatomie. . . . . COULOUMA.

MAITRES DE CONFÉRENCES AGRÉGÉS

Anatomie. . . . . MM. POULHÈS.
Histologie. . . . . BIMES.
Sciences naturelles. . . . . BOUISSET.
Pharmacie. . . . . COUTURIER.
Botanique. . . . . Mme DULUCQ-MATHOU.
Bactériologie. . . . . Mme ENJALBERT.
Chimie Biologique. . . . . MM. POLONOVSKI.
Physique médicale. . . . . AUVERGNAT.
Chimie générale pharmaceutique. . . . . BLANC.

AGRÉGÉS

Médecine. . . . . MM. DARNAUD, GÉRAUD, DARDENNE, LAPORTE (J.) BAUDOT.
Ophtalmologie. . . . . DEODATI.
Physique médicale. . . . . MARQUÈS.
Obstétrique. . . . . PONTONNIER.
Chirurgie. . . . . RIEUNAU. DIEULAFE. DAMBRIN (P.).
Oto.Rhino-Laryngologie. . . . . CLAUX.
Urologie. . . . . LHEZ

COURS COMPLÉMENTAIRES

Cours d'obstétrique aux élèves sages-femmes. . . . . MM. GUILHEM.
Chimie biologique. . . . . DOUSTE-BLAZY.
Chimie pathologique. . . . . VALDIGUIE (P.)
Chimie minérale. . . . . BLANC.
Physique pharmaceutique. . . . . AUVERGNAT.
Dermatologie et Syphiligraphie. . . . . BAZEX.
Législation pharmaceutique. . . . . BOUISSET.
Tuberculose. . . . . MOREL.
Chirurgie pulmonaire. . . . . DAMBRIN (P.)
Parasitologie. . . . . BAUDOT.
Cryptogamie. . . . . Mme DULUCQ-MATHOU.
Chimie analytique. . . . . MM. BLANC.
Hydrologie et géologie. . . . . ASTRE.
Anatomie médico-chirurgicale. . . . . THOMAS.
Pharmacodynamie. (Méd.). . . . . BAISSET.
Pharmacodynamie (Pharm.). . . . . CAUJOLLE.
Bactériologie et Hygiène. . . . . LAPORTE.
Urologie. . . . . LHEZ.
Ophtalmologie. . . . . DEODATI.
Neuro-chirurgie. . . . . LAZORTHES.
Mycologie. . . . . MORQUER.
Physiologie. . . . . COLOMBIES.
Psychiâtrie. . . . . GAYRAL

Secrétaire de la Faculté. : ARGILAS.

La Faculté déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats.
(Délibération en date du 12 mai 1891.)

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

A LA MEMOIRE DE MON PERE

A TOUS LES MIENS

A NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur E. ROQUÈS

Professeur de Clinique Médicale
Officier de la Légion d'Honneur

M. le Professeur Roquès nous compte parmi ses élèves depuis plusieurs années. Il a toujours encouragé ce désir que nous partageons avec son école d'aller de l'avant ; sa sagesse n'a voulu que nous aiguiller et nous modérer. Il a su grouper autour de lui de jeunes élèves tous dominés par un sentiment de confiance absolue en sa parole et unis par de profonds liens d'amitié. Il nous a donné l'exemple d'un travail désintéressé, réalisé dans une atmosphère de paix, sans préoccupation égoïste, loin de toute rivalité. Si nous puisons tous les jours un enseignement médical précieux en le suivant de malade en malade, c'est une extraordinaire leçon de force morale et de vertu que nous recevons de lui.

M. le Professeur Roques a voulu présider cette thèse : notre émotion en est très profonde. C'est au nom de toute son école que nous le remercions.

A NOTRE JURY DE THESE :

Monsieur le Professeur J. DUCUING

Professeur de Clinique Chirurgicale et du Cancer
Chirurgien-chef Honoraire des Hôpitaux
Directeur Honoraire du Centre Anti Cancéreux

M. le Professeur Ducuing veut bien nous considérer comme l'un des collaborateurs médicaux de son service ; c'est grâce à lui que nous avons pu réaliser un voyage d'études de dix mois aux Etats-Unis d'Amérique où nous avons étudié la physiologie cardiaque et les problèmes médico-chirurgicaux posés par les cardiopathies congénitales ; nous lui devons notre orientation actuelle ; il nous a donné tous les moyens de réaliser correctement l'exploration fonctionnelle du cœur. Nous voudrions qu'il trouve dans cette thèse la preuve de notre bonne volonté à travailler dans la direction qu'il nous a indiquée.

Mais M. le Professeur Ducuing n'est pas seulement pour nous un chef admirable. C'est l'ami de notre famille que nous tenons aussi à remercier.

Monsieur le Professeur P. MERIEL

Professeur d'Hydrologie Thérapeutique et Climatologie
Médecin des Hôpitaux

Qui nous a fait l'honneur de s'intéresser à ce travail et qui a bien voulu nous faire bénéficier de sa profonde connaissance des malades.

Qu'il en soit très sincèrement remercié.

Monsieur le Professeur agrégé J. BAUDOT

Médecin Phtysiologue en chef des Hôpitaux

Qui nous a toujours entouré de sa bienveillante sollicitude et qui encourage nos efforts dans le domaine de la physiologie cardio-respiratoire.

Nous le remercions de l'aide qu'il ne cesse de nous apporter.

Monsieur le Professeur agrégé J. POULHES

En témoignage de grande amitié.

Au Docteur A. ENJALBERT

Qui veut bien nous accepter parmi ses amis après avoir assuré en grande partie notre succès à l'externat et à l'internat. Nous lui disons toute notre gratitude et le remercions de nous faire profiter chaque jour de sa profonde connaissance de la chirurgie cardio-vasculaire.

A NOS CHEFS DE CONFERENCE D'INTERNAT

A NOS CAMARADES D'INTERNAT

En tête de ce travail nous tenons à exprimer notre respectueuse affection à M. le Professeur BUGNARD. Grâce à lui nous avons pu élargir nos connaissances médicales et vivre en Amérique une grande expérience. En nous acceptant parmi les chercheurs de l'Institut National d'Hygiène, il nous permet de poursuivre le travail physiologique que nous avons commencé à Baltimore.

Qu'il soit assuré de notre vive reconnaissance.

Nous tenons aussi à dire toute notre amitié au Dr Raymond BOLLINELLI. Nous lui devons l'essentiel de nos connaissances médicales; c'est lui qui nous a donné le goût de la cardiologie. Nous essayons de mettre au point ensemble l'exploration fonctionnelle cardio-respiratoire dans le cadre hospitalier toulousain. Cette thèse résume aussi bien son expérience que la nôtre. Nous sommes heureux de continuer à travailler sous sa clairvoyante autorité et de l'assurer de notre fidèle amitié.

Introduction

Le cathétérisme du cœur par voie veineuse n'est pas un moyen récent d'exploration du cœur. Réalisé pour la première fois par W. Forssmann [1] qui publia ses premiers résultats en 1929, il est tombé pendant dix ans dans l'oubli. C'est André Cournand et H. A. Ranges [2] qui l'ont remis en honneur et qui ont vu, les premiers, tout ce qu'on pouvait lui demander dans le domaine de l'exploration fonctionnelle cardiaque et respiratoire. Depuis dix ans, dans tous les pays, des travaux n'ont pas cessé de paraître sur les multiples applications du cathétérisme veineux du cœur. Cette thèse ne traitera donc pas d'un sujet neuf ou à défricher. Néanmoins une étude d'ensemble du cathétérisme du cœur semble manquer; c'est ce que nous allons essayer de réaliser.

Nous diviserons notre travail en deux parties :

La première partie est une introduction générale à l'étude du cathétérisme du cœur par voie veineuse. Y seront évoqués son but essentiel, ses indications *uniquement dans le domaine de la cardiologie,* sa technique.

Nous ne l'avons pas conçue seulement comme la synthèse d'un long travail de compilation, mais comme l'exposé de ce qui nous paraît être, pour l'heure, la meilleure technique de cathétérisme cardiaque, celle qu'il nous a été donné de voir appliquer et d'appliquer plusieurs fois par jour pendant dix mois, à Baltimore, dans le laboratoire du Dr R. J. Bing; celle aussi que nous essayons de réaliser actuellement à l'Hôpital de Purpan, à Toulouse, grâce à l'aide compréhensive du Professeur J. Ducuing.

Nous voudrions que cet exposé puisse servir à tout médecin non spécialisé, désireux de comprendre simplement le but du

cathétérisme cardiaque; aussi, à tout cardiologue qui voudrait mettre en pratique cette méthode d'exploration, pour lui éviter une compilation laborieuse et des tâtonnements infructueux.

Enfin, au moment où commence à se développer à Toulouse la chirurgie cardiaque, il nous a paru intéressant de souligner l'exceptionnelle importance des renseignements préopératoires fournis par le cathétérisme veineux du cœur, sans lequel la majorité des interventions cardiaques est, à notre sens, une entreprise téméraire.

La deuxième partie est l'exposé d'un travail personnel sur l'une des nombreuses applications du cathétérisme veineux du cœur : c'est une contribution à l'étude des pressions sanguines intracavitaires particulièrement des pressions veineuse pulmonaire, auriculaire gauche et capillaire pulmonaire, chez des malades présentant une communication interauriculaire.

De telles observations sont rares : les pressions veineuse pulmonaire et auriculaire gauche sont mal connues chez l'homme; leur détermination présente, à notre avis, un gros intérêt physiologique; elle permet aussi de tirer des conclusions pratiques dans le diagnostic des hypertensions pulmonaires; l'idée de ce travail personnel revient au Dr R. J. Bing « associate professor of surgery » au Johns Hopkins Hospital, à Baltimore. C'est à lui que nous devons d'avoir pu le réaliser; nous avons longuement discuté ensemble résultats et conclusions. Nous aimerions donc que le Dr Bing ne voit, dans cette thèse, que l'exposé en langue française d'une part de son enseignement. Mais ce n'est là qu'un faible gage de reconnaissance, en regard de ce qu'il a su nous apprendre par ailleurs.

Toute notre reconnaissance va également au Dr Raymond Gérard, interne des Hôpitaux de Marseille, qui nous a entouré de toute son amitié pendant notre séjour à Baltimore et qui a joint ses efforts aux nôtres dans l'élaboration de ce travail.

PREMIÈRE PARTIE

Introduction générale au Cathétérisme du cœur par voie veineuse

L'intervention, définie sous le terme de cathétérisme du cœur par voie veineuse, consiste à introduire dans une veine, habituellement superficielle et choisie de préférence au pli du coude, une sonde analogue à un cathéter urétéral opaque aux rayons X, et à la pousser dans les cavités droites du cœur sous contrôle radioscopique.

Cette intervention a été réalisée pour la première fois par W. Forssmann en 1929 [1]. Ce n'est qu'en 1941 qu'elle a été utilement exploitée par A. Cournand et H. A. Ranges [2]; ces deux auteurs l'ont codifiée d'une manière précise au cours des années suivantes; dès lors le cathétérisme veineux du cœur est devenu l'acte essentiel de l'exploration fonctionnelle cardiaque chez l'homme.

De nombreux chercheurs l'ont utilisée dans des voies diverses; nous nous excusons de ne pouvoir tous les citer.

En Amérique, A. Cournand [2], puis L. Dexter [3] et R. J. Bing [4] ont mis au point le diagnostic physiologique des cardiopathies congénitales. R. J. Bing, en outre, utilise le cathétérisme cardiaque comme méthode d'investigation préopératoire dans les mitralites œdémateuses et comme moyen d'appréciation du débit coronaire et du travail du cœur [5 et 6].

L'Ecole Cardiologique de Mexico, sous la direction du Professeur CHAVEZ, a plus particulièrement étudié l'hémodynamique de la persistance du canal artériel et des communications interauriculaires [7 et 8].

En Angleterre, J. Mc. MICHAEL a publié, entre autres travaux, une étude critique du cathétérisme veineux du cœur comme méthode de détermination du débit cardiaque [9].

En Belgique ,J. LEQUIME et H. DENOLIN ont publié récemment les résultats de leurs premiers cathétérisme du sinus coronaire [10].

En France, J. LENÈGRE et P. MAURICE, dès 1944, se sont consacrés à l'étude des pressions ventriculaires droites et de l'hypertension pulmonaire [11 et 12]. Plus récemment P. SOULIÉ et J. CARLOTTI, à l'étude des cardiopathies congénitales et au cathétérisme du sinus coronaire [13 et 14].

Cette énumération, forcément incomplète, rend compte de l'importance actuelle du cathétérisme veineux du cœur et de la multiplicité de ses indications.

Avant d'aborder l'étude détaillée des buts, des indications et de la technique du cathétérisme veineux du cœur, il est important de souligner les particularités qui font les avantages de cette méthode et qui justifient son emploi en clinique.

En premier lieu, le cathétérisme veineux du cœur est une *intervention le plus souvent facile*. Les difficultés rencontrées par une équipe entraînée relèvent soit d'une technique particulière (cathétérisme du sinus coronaire), soit d'une anomalie cardiaque très importante et non prévue par les examens de routine antérieurs. Le cathétérisme veineux du cœur est facile si l'on prévoit un plan d'exploration, si l'on sait ce que l'on doit chercher.

En second lieu, il convient d'insister sur la *parfaite tolérance du cathétérisme veineux du cœur*, quel que soit l'âge du malade et peut-on dire quel que soit son état cardiaque. Le malade ne doit ressentir aucune douleur. Si, occasionnellement, une douleur apparaît, c'est toujours au niveau du trajet veineux : soit que, au début de l'exploration, on cherche le passage dans la région axillaire, soit que l'on se heurte à un spasme veineux, soit que, une fois le cathéter dans le cœur, on soit obligé de lui imprimer

un mouvement de rotation sur son axe qui permet de diriger son extrémité distale; dans ce dernier cas, une légère douleur peut apparaître au niveau de la dénudation veineuse.

Enfin, troisième fait capital, *la mise en place du cathéter dans le cœur est sans danger*. Il est bien démontré que le cathéter ne produit ni lésion endocardique, ni thrombose. Les seuls incidents déterminés par la présence du cathéter dans le cœur droit sont des troubles rythmiques variés; fait remarquable, ils apparaissent quand le bout du cathéter franchit l'orifice tricuspidien ou heurte le septum ventriculaire, et cèdent dans la règle quand on revient dans l'oreillette droite.

Les seuls accidents graves, qui peuvent survenir en cours d'exploration, *sont dus à des fautes de technique* et donc ne doivent plus se voir : embolie gazeuse ou huileuse, fibrillation ventriculaire, *execptionnelle,* et qui n'apparaît que si l'on n'a pas tenu compte des troubles rythmiques banaux qui la précèdent toujours.

Ainsi le cathétérisme veineux du cœur apparaît d'une pratique simple, sans danger; il est parfaitement toléré par le malade. La multiplicité de ses applications diagnostiques, préopératoires, expérimentales, justifie son emploi courant. Nous étudierons successivement : but, indications et technique du cathétérisme veineux du cœur.

CHAPITRE PREMIER

BUT DU CATHÉTÉRISME DU CŒUR

Le cathétérisme veineux du cœur, nous l'avons dit, est l'acte essentiel de l'exploration cardiaque. Si la clinique permet d'affirmer l'existence d'une cardiopathie et de juger de son degré de décompensation, si la radiologie donne des bases d'appréciation du volume du cœur, si l'électrocardiogramme fait la preuve de troubles rythmiques et nous renseigne sur la nutrition du muscle cardiaque, aucun de ces moyens d'exploration ne donne une idée exacte de l'efficacité de la contraction cardiaque.

La fonction du cœur est de maintenir, à tout instant, un débit sanguin tel que soient en particulier satisfaits les besoins des tissus en oxygène. L'efficacité de la contraction cardiaque se juge par la valeur du débit cardiaque et par la souplesse d'adaptation de ce débit aux besoins des tissus en oxygène. *La détermination du débit cardiaque est l'un des buts essentiels du cathétérisme veineux du cœur.*

D'autre part, assurer un débit sanguin convenable dans le système vasculaire n'est possible que si le cœur élève la pression sanguine à une valeur telle que soient franchies les résistances périphériques. *La mesure des pressions intracavitaires droites est le deuxième but essentiel du cathétérisme veineux du cœur.*

On conçoit aisément l'intérêt physiologique d'une méthode qui permet d'apprécier l'efficacité de la contraction cardiaque, de mesurer les pressions intracavitaires droites, d'explorer la circulation pulmonaire, de fixer, par l'enregistrement des pressions sanguines, la succession des phénomènes systolo-diastoliques de la révolution cardiaque.

Détermination du débit cardiaque.

Le volume sanguin lancé par le cœur dans la grande *ou* la petite circulation *pendant une minute*, définit le débit cardiaque.

Normalement, aucune communication n'existe entre le cœur droit et le cœur gauche, entre la circulation périphérique et la circulation pulmonaire : la chasse ventriculaire gauche est égale à la chasse ventriculaire droite, la chasse ventriculaire au retour veineux périphérique ou pulmonaire. La circulation n'est possible que grâce à cet équilibre, qui permet seul au sang circulant de passer *en totalité* par les poumons. Ainsi, le débit cardiaque peut se mesurer chez l'individu normal, aussi bien par le volume de la chasse ventriculaire gauche ou droite que par le volume du retour veineux périphérique ou pulmonaire. Ceci cesse d'être vrai dans deux circonstances :

a) Temporairement, lorsqu'il y a une diminution du retour veineux (par exemple dans les grandes hémorragies) ou lorsqu'apparaît une diminution de la chasse ventriculaire (par exemple par brusque défaillance cardiaque ou par augmentation de la résistance périphérique). Se produit alors un déséquilibre temporaire entre la chasse ventriculaire et le retour veineux, le débit cardiaque se stabilisant ultérieurement par un mécanisme compensateur.

b) D'une façon permanente, lorsqu'existe une communication anormale entre le cœur droit et le cœur gauche ou entre la circulation périphérique et la circulation pulmonaire; c'est le cas de la plupart des cardiopathies congénitales.

En dehors de ces faits, il est possible de déterminer le débit cardiaque chez l'homme en mesurant la quantité de sang qui passe dans une minute par les poumons, à condition que soit maintenu l'équilibre entre les deux chasses ventriculaires d'une part, la chasse ventriculaire et le retour veineux d'autre part. *C'est le principe de* Fick. Il est évident que l'oxygène, soustrait à l'air ambiant par l'acte respiratoire dans une minute est fixé *dans sa totalité* par le sang qui traverse les poumons dans le même temps. Si l'on connaît la teneur en oxygène du sang du cœur droit et du sang du cœur gauche, on en déduit, par différence, la quantité d'oxygène fixé par litre de sang en traversant les poumons. Connaissant la quantité d'oxygène consommé par minute, on peut calculer le nombre de litres de sang qui a perfusé les poumons dans le même temps, donc le débit cardiaque.

Ce même raisonnement s'applique à l'acide carbonique. D'où l'équation de Fick :

$$D\,C\,(1/min.) = \frac{C02 \text{ éliminé } (1/min.)}{C02 \text{ vein. mêlé (vol. \%)} - C02 \text{ art. (vol. \%)}} \times 100$$

ou

$$D\,C\,(1/min.) = \frac{02 \text{ absorbé } (1/min.)}{02 \text{ art. (vol. \%)} - 02 \text{ vein. mêlé (vol. \%)}} \times 100$$

La détermination du débit cardiaque par la méthode de Fick peut être réalisée de deux manières : soit indirectement, en remplaçant la détermination de 02 ou de C02 par celle d'un gaz introduit dans l'organisme (acétylène, iodure d'éthyle), soit par dosage direct de 02 ou de C02 du sang : le cathétérisme du cœur est la méthode de choix qui permet cette dernière détermination. Mais l'application directe du principe de Fick n'est possible que si les conditions suivantes sont réalisées :

1. Si tout l'oxygène absorbé pendant une minute n'est utilisé que pour l'hématose et ne participe pas à des phénomènes locaux d'oxydation;

2. Si le sang artériel périphérique, le seul accessible au dosage, a la même composition en oxygène que le sang des veines pulmonaires;

3. Si le sang veineux, utilisé pour le dosage, a la même composition en oxygène que le sang veineux amené au poumon par l'artère pulmonaire pour y subir l'hématose.

La première condition est réalisée; les phénomènes locaux d'oxydation, qui soustraient une partie de l'oxygène absorbé à son rôle essentiel, sont négligeables.

La deuxième condition est réalisée en l'absence de cardiopathie congénitale amenant du sang veineux dans le cœur gauche ou dans l'aorte. La composition du sang artériel périphérique, par exemple du sang de l'artère fémorale utilisé pour le dosage, est rigoureusement la même que celle du sang des veines pulmonaires et de l'oreillette gauche.

Pour réaliser la troisième condition, il est nécessaire de prélever un échantillon *de sang veineux mêlé;* nous nous expliquons :

si le sang artériel présente, depuis les veines pulmonaires jusqu'à la dernière artériole distale, la même composition en oxygène, le sang veineux, au contraire, a une composition variable aux différents points de l'économie; il faut donc obtenir un sang veineux parfaitement mêlé; c'est là que le cathétérisme du cœur devient irremplaçable, car il permet d'aller chercher sur place, c'est-à-dire dans le cœur droit ou dans l'artère pulmonaire, un échantillon veineux mêlé, au prix d'une petite intervention simple et sans danger.

Une dernière question se pose : le prélèvement veineux mêlé peut-il se faire à tout étage dans le cœur droit ou dans l'artère pulmonaire ?

Ce problème est résolu de manière assez différente par les auteurs.

Deux faits sont certains :

1. Hellems et Dexter [15] ont montré que, si l'on introduit l'extrémité distale du cathéter dans une branche de l'artère pulmonaire suffisamment loin pour que la lumière de cette branche soit obstruée, le sang prélevé à ce niveau est pleinement saturé en oxygène : c'est du sang capillaire.

2. On obtient du sang veineux parfaitement mêlé, au niveau de l'infundibulum et du tronc commun de l'artère pulmonaire. Cette dernière localisation est particulièrement à retenir, car le cathéter peut y rester impunément sans entraîner de troubles rythmiques, alors qu'il peut être dangereux de s'attarder dans le ventricule droit, pour y faire des prélèvements souvent longs et répétés à quelques dizaines de minutes d'intervalle.

Un fait, par contre, est diversement interprété : le sang auriculaire droit est-il du vrai sang veineux mêlé ? La question est importante, car l'oreillette droite est le segment du cœur droit le plus facile à atteindre et le moins dangereux à cathétériser.

Holt et Knoefel [16] montrent que, chez le chien, le sang auriculaire droit n'a pas la même teneur en oxygène que le sang ventriculaire droit, vrai sang veineux mêlé.

Cournand [17] reprend ce problème et montre que, chez l'homme, il n'existe qu'une différence minime entre les sangs auri-

culaire et ventriculaire droits, tout au moins en ce qui concerne le taux d'oxygène et à condition que l'extrémité distale du cathéter soit convenablement placée, c'est-à-dire en regard de l'orifice tricuspidien. Pour cela, le bout du cathéter doit regarder la ligne médiane, à deux centimètres au-dessus du diaphragme.

Dans la plupart des cas, cette technique permet d'obtenir, dans un cœur normalement cloisonné, du vrai sang veineux mêlé. Restent les cas où le repérage tricuspidien est difficile, où l'oreillette droite est anormalement dilatée, où les différents courants sanguins émanant de la veine cave supérieure, de la veine cave inférieure et du sinus coronaire, tous de composition en oxygène différente, suivent, dans l'oreillette droite, leur propre chemin sans se mélanger. Il semble donc préférable, toutes les fois qu'il est possible, de prélever le sang veineux mêlé au niveau du tronc de l'artère pulmonaire.

Cette discussion des trois conditions nécessaires à la détermination directe du débit cardiaque par la méthode de Fick, éclaire le but essentiel du cathétérisme : *le prélèvement du vrai sang veineux mêlé*. Elle montre aussi que le cathétérisme veineux du cœur ne permet de résoudre que l'un des facteurs de l'équation de Fick. Si l'on ajoute une quatrième condition: la constance, en fonction du temps, du métabolisme du sujet, de la composition en oxygène du sang artériel et du sang veineux mêlé, il devient évident que le cathétérisme veineux du cœur et ses explorations satellites doivent se dérouler dans un ordre méticuleusement déterminé : *la nécessité d'une équipe entraînée et soudée se fait sentir à chaque instant*.

De tout ce que nous venons de dire, il résulte que la détermination du débit cardiaque par cathétérisme du cœur doit répondre aux exigences suivantes :

1. L'échantillon de vrai sang veineux mêlé doit être prélevé dans l'oreillette droite ou mieux dans le tronc de l'artère pulmonaire. Dans les cardiopathies congénitales avec admission de sang artérialisé dans le cœur droit, il faut prélever le sang veineux en amont de la communication anormale, et donc, dans le cas de communication interauriculaire, se contenter d'une approximation.

2. L'échantillon artériel, prélevé au niveau de l'artère humérale ou de l'artère fémorale, doit avoir la même teneur en oxygène que le sang veineux pulmonaire et auriculaire gauche.

Dans les cardiopathies congénitales avec admission de sang veineux dans le cœur gauche ou dans l'aorte, cette condition n'est pas remplie.

Nous voyons donc que les cardiopathies congénitales avec communication anormale entre les deux cœurs ne répondent pas au principe général de l'égalité des chasses ventriculaires : le débit cardiaque ne peut donc plus s'exprimer par la quantité de sang passant par minute au niveau des poumons; l'équilibre circulatoire étant rompu au profit de l'une des circulations périphérique ou pulmonaire, on doit déterminer isolément le débit périphérique et le débit pulmonaire.

3. Métabolisme, échantillon artériel et échantillon veineux mêlé doivent être pris au même moment, le sujet étant dans un état le plus voisin possible des conditions de mesure du métabolisme basal.

Dans ces conditions, le cathétérisme veineux du cœur est la méthode de choix de détermination du débit cardiaque; de toutes les méthodes proposées, elle est la plus précise et, malgré la petite intervention qu'elle exige, une des plus simples.

Pressions intracavitaires.

La mesure et l'enregistrement des pressions intracavitaires droites constituent le deuxième but fondamental du cathétérisme veineux du cœur. Sur le plan physiologique et expérimental, c'est à WIGGERS et à HAMILTON, sur le plan pratique à COURNAND et à ses collaborateurs que revient le mérite d'avoir précisé la morphologie, les valeurs moyennes normales et les modifications pathologiques des pressions intracavitaires droites et des pressions artérielles pulmonaires.

Technique générale.

Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de procédé commode de

détermination des pressions intracavitaires par un manomètre ou tout autre récepteur placé directement dans le cœur au bout d'une sonde. Des travaux dans ce sens effectués à la Mayo Clinic (Rochester Minn.) ne sont pas absolument convainquants. On est donc obligé, pour l'instant, d'enregistrer les pressions intracardiaques par l'intermédiaire d'une colonne saline emplissant le cathéter. Le cathéter est lui-même connecté soit à un manomètre salin ordinaire, soit, et c'est un progrès remarquable, à l'optomanomètre de HAMILTON [18], à un électromanomètre ou à un système de « strain gauges ». Cette dernière méthode apparaît à l'usage comme la plus sûre et la plus commode. Les variations de pression, transmises par la colonne saline du cathéter, donnent naissance aux variations d'un champ électrique entretenu au niveau du « strain gauge », variations entraînant les déflexions d'un galvanomètre à miroir recueillies en dernière analyse sur la fente d'une caméra.

Ce procédé, pour aussi éloigné qu'il soit de l'enregistrement des pressions d'un liquide en mouvement dans des cavités qui modifient rythmiquement leur capacité et leur situation dans le thorax, donne des résultats suffisamment exacts en pratique. L'oblitération partielle ou totale du cathéter paraît être le gros écueil de cette méthode, plus que l'erreur introduite par l'effet capillaire, en fait négligeable (R. DICKINSON, W. RICHARDS, COURNAND). Les autres inconvénients sont inhérents à tout procédé d'enregistrement. Nombreux peuvent être les artéfacts dus au mouvement du malade, aux remous sanguins et surtout aux mouvements du cathéter dans le cœur; ces derniers, les plus gênants, ne peuvent être évités.

La détermination correcte des pressions intracardiaques répond à un certain nombre d'exigences :

1. La pression enregistrée est la somme algébrique de la pression intracardiaque réelle (dite effective) et de la pression intrapleurale;

2. Tout enregistrement est plus ou moins soumis à des variations respiratoires, qui altèrent la morphologie de la courbe et en modifient les déflections;

3. L'interprétation d'un tracé de pression n'est possible que

si l'on peut apprécier avec exactitude la place dans le temps de tel ou tel accident;

4. Intervient enfin un facteur hydrostatique d'erreur, si le système récepteur, quel qu'il soit, n'est pas dans le plan horizontal de l'extrémité cardiaque du cathéter.

En conséquence les mesures suivantes sont nécessaires :

1. Enregistrer simultanément pression intracardiaque, pression intrapleurale et électrocardiogramme, en sachant qu'il existe un décalage des phénomènes mécaniques par rapport aux phénomènes électriques de la révolution cardiaque;

2. Choisir un plan horizontal de référence. Le choix de ce plan est soumis aux préférences individuelles. De toutes manières, il doit passer par le cœur et être en relation constante avec un repaire anatomique fixe : par exemple l'angle de Louis. La détermination rigoureuse d'un tel plan peut se faire sur un cliché de profil par mensuration de la distance : angle de Louis, milieu de la ligne unissant le point le plus antérieur du ventricule au point le plus bas de l'oreillette. Il est bien évident que ce plan varie d'une malade à l'autre et, chez un même malade, avec les phases des cycles respiratoire et cardiaque. Aussi est-il illusoire de le repérer avec minutie. Cournand conseille de le situer à 5 centimètres au-dessous de l'angle de Louis; c'est à partir de ce niveau que seront mesurées les pressions auriculaire et ventriculaire du sujet en décubitus dorsal.

Ainsi compris l'enregistrement sur film ou sur papier permet d'étudier les pressions intracadiaques au double point de vue morphologique et numérique. Pression systolique, pression diastolique et pression moyenne sont évaluées en millimètres de Hg et mesurées sur 4 cycles cardiaques au moins; la pression moyenne est déterminée planimétriquement.

Morphologie et hauteurs normales des courbes de pression enregistrées par cathétérisme du cœur droit.

Nous n'étudierons que les pressions auriculaire droite, ventriculaire droite et artérielle pulmonaire, les seules dont on puisse enregistrer les courbes par cathétérisme cardiaque chez l'homme

normal. Le cathétérisme veineux ne permet l'étude des pressions auriculaire gauche et veineuse pulmonaire qu'à l'état pathologique lorsqu'il existe une communication septale. Cette dernière étude fera l'objet de la deuxième partie de notre thèse.

1. *Tracés auriculaires droits :* C'est BLOOMFIELD et ses collaborateurs qui les ont particulièrement analysés [19]. Ces tracés ont grossièrement la morphologie de tracés veineux, succession des ondes classiques a, c. v. Sur des enregistrements pris avec soin, chez des adultes normaux, à rythme sinusal de 60 à 70 pulsations par minute, il est possible de détailler la morphologie de la courbe et de préciser la hauteur et les variations d'amplitude normales.

On peut ainsi décomposer le cycle auriculaire droit :

La systole auriculaire.

La diastole auriculaire qui comprend :

— Un premier temps bref, pendant lequel l'oreillette droite, vide, subit les modifications de pression dues à la mise en tension ventriculaire;

— Un deuxième temps long, se terminant au début du cycle suivant et qui correspond au remplissage de l'oreillette.

Ces différents temps retentissent sur la morphologie de la courbe de pression auriculaire droite (Fig. 1) :

La systole auriculaire est marquée par une onde monophasique positive brève (1-2).

La diastole auriculaire (2-1) est marquée par les accidents suivants :

1. Le segment (2-4), surtout descendant, correspond à la phase de mise en tension ventriculaire. Ce segment se subdivise ainsi :
— Un clocher (2-3), branché sur le segment descendant de l'onde monophasique et qui correspond à la fermeture de la tricuspide;
— Un segment descendant, en pente raide, bref (3-4) qui correspond à la chute de la base du cœur au moment de la contraction isométrique du ventricule.

2. Le segment (4-1), de profil moins accidenté, remonte en pente douce, jusqu'à la systole auriculaire suivante; c'est la phase de remplissage auriculaire, marquée par un accident (6) dû à

l'ouverture de la tricuspide qui entraîne une brutale chute de pression : c'est le premier remplissage ventriculaire.

Parfois la fermeture de la sigmoïde (5-5'), s'inscrit sous la forme d'une petite vibration variable.

L'amplitude des tracés auriculaires droits, c'est-à-dire la plus grande différence de pression au cours du cycle cardiaque, varie de 4 à 8 mm. de Hg., selon BLOOMFIELD [19]. Ce sont là des variations peu importantes, difficiles à amplifier. Aussi est-il préférable de déterminer seulement la pression moyenne, par mesure planimétrique de la surface comprise entre la ligne de zéro et la courbe auriculaire droite. Cette pression moyenne varie, selon BLOOMFIELD, de — 2 à + 2 mm. de Hg. On peut admettre, par ailleurs, que la plus haute déflexion, correspondant à la systole auriculaire, varie de 5 à 10 mm. de Hg. Au-dessus de ce dernier chiffre, la pression auriculaire droite est pathologique.

2. *Tracés ventriculaires droits :* Les variations d'amplitude, au cours du cycle cardiaque, sont beaucoup plus importantes; leur lecture est plus simple. Le cycle ventriculaire droit comprend :

La systole ventriculaire, avec ses deux phases :
— Contraction isométrique, brève, tous orifices fermés;
— Ejection, plus longue, dont le début est marqué par l'ouverture des sigmoïdes.

La diastole ventriculaire et ses deux phases :
— Diastole isométrique, brève, tous orifices fermés;
— Remplissage ventriculaire, long, dont le début est marqué par l'ouverture de la tricuspide. Ce remplissage se fait en trois temps :

Premier remplissage rapide, passif, le plus important, dû à l'ouverture de la tricuspide.

Deuxième remplissage, passif également; le sang s'écoule dans le ventricule une fois la tricuspide ouverte (diastasis).

Troisième remplissage, actif, le moins important, par systole auriculaire.

La figure [1] montre les accidents d'une courbe ventriculaire droite, déterminés par ces différentes phases :

Précédant la systole, une petite onde monophasique positive (1-2), retentissement ventriculaire de l'activité systolique de l'oreillette.

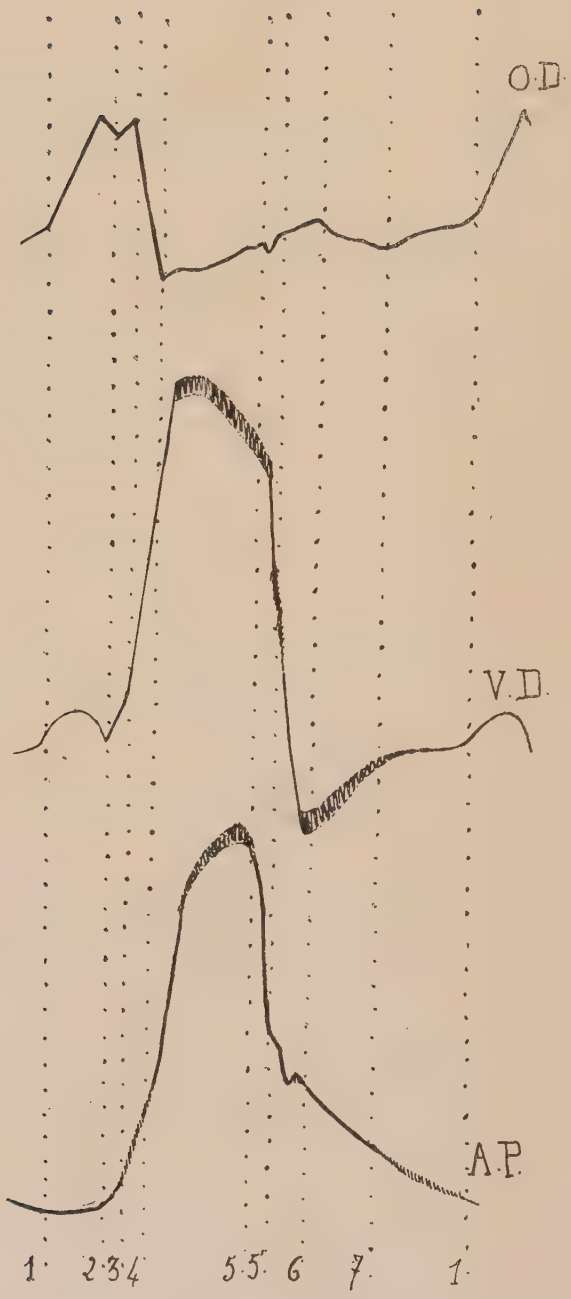

Fig. 1. — O.D. : Oreille droite; V.D. : ventricule droit; A.P. : artère pulmonaire.

La systole ventriculaire (2-5), se traduit par une onde monophasique positive de grande amplitude, divisée en deux segments:
— L'un ascendant, plus ou moins raide, bref, qui répond à la mise en tension du ventricule (contraction isométrique) (2-4);
— Un sommet lent, qui répond à l'éjection ventriculaire et dont la morphologie est très variable (4-5) :
— Soit arrondi en dôme;
— Soit en plateau, avec un premier segment raide, qui continue sans démarcation nette la rapide ascension isométrique, et un plateau descendant en pente douce qui précède la chute diastolique;
— Soit angulaire, à sommet épais, souligné par une série d'oscillations de basse fréquence, correspondant à la phase d'éjection maximum (Bloomfield). C'est le type le plus fréquent.

Le point de démarcation entre la mise en tension et l'éjection (soit l'ouverture des sigmoïdes) d'une part, l'éjection et la protodiastole (soit la fermeture des sigmoïdes) d'autre part, est rarement différenciée.

La diastole ventriculaire [5 et 2] présente deux segments essentiels :

— Un segment rapidement descendant, s'étendant de la fermeture des sigmoïdes à l'ouverture de la tricuspide : c'est la protodiastole (5-5') et la diastole isométrique (5'-6);
— Un segment progressivement ascendant, qui s'étend de l'ouverture de la tricuspide au début de la systole suivante :
C'est le remplissage ventriculaire, dont le dernier tiers est représenté par l'onde d'activité auriculaire.
La jonction de ces deux segments est parfois aiguë, dessinant un fossé dont le fond est le point diastolique le plus bas.

Quelles sont les valeurs normales des pressions ventriculaires droites ? Elles sont représentées par quatre chiffres : chiffre de pression systolique, lu au sommet de la courbe, c'est-à-dire à la phase d'éjection maximum :

Deux chiffres de pression diastolique :

Le premier correspond au début du remplissage ventriculaire (6).
Le deuxième, celui qu'il faut utiliser puisqu'il représente la pression diastolique du ventricule rempli, se mesure dans la télédiastole, au pied de l'élévation systolique (2).
Dernier chiffre, celui qui mesure la pression moyenne.

Avec Bloomfield et ses collaborateurs, les valeurs suivantes sont admises comme normales :

— La pression systolique varie entre 18 et 30 mm. de Hg., avec une valeur moyenne de 25 mm. de Hg.

— Le premier chiffre de pression diastolique varie de — 7 à + 2 mm. de Hg., le deuxième chiffre de pression diastolique, de — 0,5 à + 4 mm. de Hg.

— La pression moyenne est de l'ordre de 25 mm. de Hg.

Sont pathologiques, toute pression systolique supérieure à 30 mm. de Hg., et toute pression diastolique supérieure à 5 mm. de Hg.

3. *Tracés artériels pulmonaires :* Ils ont la morphologie classique des tracés artériels. On peut ainsi les décomposer :

— Un segment lent ascendant [2-4] qui correspond à la contraction isométrique du ventricule;

— Un segment rapide ascendant, survenant après l'ouverture des sigmoïdes et qui correspond au remplissage pulmonaire; il est suivi d'un dôme arrondi ou d'un sommet en plateau à pente douce, qui représente l'éjection pulmonaire.

Un segment descendant (5-1) comprenant :

— Une chute rapide (5-5') qui correspond à la diastole isométrique ventriculaire;

— Une chute en pente douce (5'-1) qui correspond au remplissage ventriculaire séparé de la précédente par une incisure profonde : fermeture des sigmoïdes.

Avec Cournand, il est maintenant classique d'admettre comme normales les valeurs suivantes :

Valeur moyenne de pression systolique : 25 mm. de Hg.
Valeur moyenne de pression diastolique : 8 mm. de Hg.
Pression moyenne de l'ordre de 15 mm. de Hg.

On ne peut parler d'hypertension pulmonaire qu'au-dessus de :

Pression systolique = 35 mm. de Hg.

La figure [1] représente le schéma de trois courbes :
Auriculaire droite, ventriculaire droite et artérielle pulmonaire, et permet d'en comparer les accidents synchrones.

Nous venons d'étudier les deux buts essentiels du cathétérisme veineux du cœur : détermination du débit cardiaque et étude des pressions auriculaire droite, ventricule droite, artérielle pulmonaire.

Il est d'autres applications d'intérêt pratique moins immédiat, que nous ne ferons que citer :

1. Le rapport pression débit permet de mesurer la résistance d'un territoire donné : cette résistance est calculée d'après la formule d'Apéria [20].

$$\text{Résistance (dyne/cm}^5\text{/sec.)} = \frac{\text{P. mye (mm. Hg)}}{\text{Débit (1/sec./M}^2\text{)}} \times 1.332$$

où : P. mye = Pression moyenne en millimètres de Mercure.

Voici les différentes résistances vasculaires couramment utilisées et dont nous donnons les équations simplifiées :

$$\text{R. Pé.} = \frac{\text{P. mye A} - \text{P. mye O. D.}}{\text{D. Pé.}}$$

où : R. Pé. = Résistance périphérique.
P. mye A. = Pression moyenne aortique.
P. mye O. D. = Pression moyenne auriculaire droite.
D. Pé. = Débit périphérique.

$$\text{R. Pu. T.} = \frac{\text{P. mye. A. P.} - \text{P. mye O. G.}}{\text{D. Pu.}}$$

où : R. Pu. T = Résistance pulmonaire totale.
P. mye A. P. = Pression moyenne artérielle pulmonaire.
P. mye O. G. = Pression moyenne auriculaire gauche.
D. Pu. = Débit pulmonaire.

Lorsque manque la pression O. G., on calcule la résistance pulmonaire dite maximum en utilisant arbitrairement le chiffre de 0 mm. de Hg. comme pression O. G. minimum.

$$\text{R. Pu. A.} = \frac{\text{P. mye A. P.} - \text{P. mye cap. P.}}{\text{D. Pu.}}$$

où : R. Pu. A. = Résistance pulmonaire artérielle.
P. mye cap. P. = Pression moyenne capillaire pulmonaire.

Le calcul des résistances pulmonaires est riche d'enseignements physiologiques, car il permet de mieux connaître les caractères si particuliers du lit vasculaire pulmonaire. Sur le plan pratique, la résistance pulmonaire donne mieux que tout autre examen, une idée de la souplesse du lit vasculaire pulmonaire, de son adaptation à des débits anormaux et par conséquent de la tolérance de l'affection en cause.

2. La détermination du travail du cœur, dont l'intérêt physiologique n'est pas à souligner.

Déjà la connaissance du débit cardiaque et des pressions permet d'appliquer les formules de STARLING :

$$\text{— Travail (gr./cm.)} = \text{Pm.} \times \text{E. S.} \times \text{d. Hg.}$$

où : $\text{E. S.} = \text{Ejection systolique} = \dfrac{\text{D. C.}}{\text{Vitesse du pouls}}$

D. Hg. = Densité mercurique.
Pm. = Pression moyenne artérielle pulmonaire ou aortique.

$$\text{— Energie cinétique (gr./cm)} = \frac{\text{Va.}^2 \times \text{E. S.}}{2\ g.}$$

ou : Va. = Vitesse du sang dans l'aorte ou l'artère pulmonaire en cm./sec.

$$\text{Va.} = \frac{\text{E. S.}}{\text{Sa.} \times \text{T. Es.}}$$

où : T. Es. = Durée de l'éjection systolique en seconde.
Sa. = Section plane de l'aorte ou de l'artère pulmonaire en cm^2.

Mais le cathétérisme du cœur offre aussi la possibilité de prélever du sang veineux coronarien dans le sinus coronaire et donc, par une méthode assez complexe que nous ne pouvons détailler ici, de déterminer le débit coronaire, la consommation en oxygène

du cœur gauche et le rendement ventriculaire gauche, soit le rapport du travail fourni par ce ventricule à sa consommation énergétique.

3. Enfin, parmi les autres possibilités du cathétérisme veineux du cœur nous citerons :

— La détermination du volume résiduel ventriculaire droit.

— L'électrocardiographie intracavitaire que l'école parisienne de M. Lenègre a particulièrement bien étudiée.

Tels sont, résumés, les buts du cathétérisme veineux du cœur droit. C'est seulement après les avoir définis qu'il est possible d'aborder le chapitre de ses indications et de noter, pour une indication donnée, les modifications qu'il convient d'apporter aux principes essentiels que nous avons essayé d'exposer.

CHAPITRE II

RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LE CATHÉTÉRISME VEINEUX DU CŒUR DROIT

Le cathétérisme veineux du cœur droit donne deux types de renseignements :

— Des renseignements pratiques, diagnostiques ou préparatoires dans le domaine de la pathologie cardiaque. Ce sont les seuls que nous détaillerons.

— Des renseignements physiologiques, ouvrant à l'expérimentation de nouveaux débouchés. Voulant faire de cette thèse un instrument pratique de travail, nous négligerons les problèmes théoriques posés ou résolus par le cathétérisme du cœur.

En pathologie cardiaque l'intérêt du cathétérisme du cœur est très inégal :

— Il est fondamental dans les cardiopathies congénitales pour en préciser le diagnostic et les indications thérapeutiques.

— Il est utile dans les mitralites et les autres affections du cœur gauche qui élèvent la pression auriculaire gauche (type péricardite constrictive) pour préciser le pronostic et les indications opératoires.

— Il a un intérêt moins immédiat dans le cœur pulmonaire chronique.

C'est ce plan d'étude que nous adopterons.

LE CATHÉTÉRISME VEINEUX DU CŒUR DANS LES CARDIOPATHIES CONGÉNITALES

Il est encore une erreur répandue : ne penser, en présence d'un cœur congénital, qu'aux affections bien cadrées sur le plan clinique : maladie de FALLOT, communication interauriculaire; maladie de ROGER, rétrécissement de l'isthme aortique. Certes, ce sont

là des cardiopathies congénitales fréquentes, mais, d'une part, elles n'ont pas toujours des caractères cliniques suffisamment nets pour les affirmer, d'autre part, elles ne résument pas toute la pathologie congénitale du cœur. En raison des progrès de plus en plus rapides de la chirurgie cardiaque, il n'est plus permis de faire un diagnostic ferme de cardiopathie congénitale, sans s'être entouré de toutes les garanties nécessaires : le cathétérisme veineux du cœur est la plus sûre de ces garanties. Les cardiologues, qui possèdent une grande expérience en matière de cœurs congénitaux, peuvent se permettre d'agir ainsi :

— Il est des cas où le diagnostic d'une cardiopathie congénitale est formel par les seuls examens cliniques, radiologiques et électrocardiographiques. Seuls de ce groupe seront cathétérisés les malades dont la cardiopathie est chirurgicale.

— Il est des cas, par contre, où le diagnostic est incertain : clinique, radiologie et électrocardiographie ressèrent le problème autour de deux ou trois affections possibles : si aucune d'elles ne relève d'un traitement chirurgical, le cathétérisme ne s'impose pas; si l'une quelconque est une indication à intervenir, le cathétérisme s'impose.

Ainsi le cathétérisme du cœur présente, en matière de cardiopathie congénitale, un double intérêt :

Tout d'abord celui de confirmer ou de faire un diagnostic : ceci est vrai surtout dans les cardiopathies congénitales cyanogènes, où se posent les plus graves problèmes de diagnostic différentiel, car la cyanose est l'élément dominant et les autres faits cliniques ne sont que des nuances, car l'électrocardiographie est d'un faible secours, donnant grossièrement, dans tous les cas, les mêmes anomalies, car la radiologie est parfois en défaut (n'est-il pas des tétralogies de FALLOT avec cône pulmonaire convexe ?) car la radiologie enfin n'est pas toujours capable de différencier une circulation pulmonaire normale d'une hypovascularisation pulmonaire, différenciation qui est à la base de maints diagnostics et qui commande la décision : s'abstenir ou opérer.

Enfin, il est des diagnostics que la clinique permet d'évoquer, sans oser les affirmer, soit en raison de leur rareté, soit parce que manquent des arguments positifs décisifs : c'est le cas du complexe d'EISENMENGER, de la maladie d'EBSTEIN, de certaines com-

munications interauriculaires ou interventriculaires avec cyanose, de certaines sténoses pulmonaires, de la plupart des transpositions des gros vaisseaux, des ventricules uniques, des anomalies de retour veineux...

De tous ces cas douteux, dont le diagnostic est laissé en suspens par la clinique et ses examens satellites, deux examens seulement peuvent venir à bout :

— L'angiocardiographie, dans un nombre limité de cas; on hésite à l'utiliser car elle n'est pas sans danger; elle est rarement formelle;

— Le cathétérisme veineux du cœur, qui fait un diagnostic précis dans deux tiers des cas douteux et qui est, nous l'avons dit, une méthode dépourvue de dangers.

Le deuxième intérêt du cathétérisme veineux du cœur est de préciser les indications thérapeutiques :

Faisant le diagnostic, le cathétérisme du cœur indique simultanément si la cardiopathie en question entre ou non dans le groupe des malformations congénitales d'intérêt chirurgical.

Mais fait important, qu'une malformation congénitale soit d'intérêt chirurgical n'implique pas nécessairement qu'on ait à intervenir : par exemple une tétralogie de Fallot, caractérisée avant tout par une diminution du débit pulmonaire, relève d'une intervention susceptible d'améliorer ce débit. Mais, en pratique, il est des maladies de Fallot bien compensées, soit que le débit pulmonaire, bien qu'abaissé, soit suffisant, soit qu'une circulation de suppléance importante se soit développée. Ce genre de renseignement peut être fourni par le cathétérisme veineux du cœur, par la confrontation de ses résultats avec ceux des examens cliniques et paracliniques habituels.

Enfin, il est des cas où le cathétérisme veineux du cœur, en précisant le diagnostic, dicte la technique opératoire. Une sténose pulmonaire, par exemple, est-elle étendue, avec aorte à cheval ? c'est l'indication d'une intervention d'anastomose. Est-elle strictement localisée ? c'est l'indication de la valvulotomie pulmonaire.

Ces différentes raisons font qu'il est dangereux de se passer du cathétérisme veineux du cœur, pour poser correctement diagnostic et indications opératoires de toute cardiopathie congéni-

tale : on s'expose à opérer des cas inopérables, à laisser sans traitement des malades qui auraient pu bénéficier d'une intervention. C'est parce que le cathétérisme veineux du cœur donne des renseignements sur l'hémodynamique cardiaque et que les interventions actuellement proposées ont pour but de corriger ce trouble hémodynamique et sont d'inspiration physiologique, qu'il n'est guère possible d'opérer sans avoir cathétérisé.

Nous ne saurions terminer ce paragraphe des indications générales du cathétérisme veineux du cœur dans les cardiopathies congénitales sans souligner les faits suivants :

1° Si nous essayons de préciser l'impression d'ensemble que nous ramenons d'un séjour de dix mois à Baltimore, entièrement consacré à l'étude des cœurs congénitaux dans le laboratoire du Dr R. J. Bing, dans le service du Dr Helen Taussig, et dans le département du Dr Blalock, nous pouvons écrire, sans craindre de faire une grossière erreur de jugement, que le cathétérisme veineux du cœur, correctement fait, *infirme très rarement les diagnostics clairement posés par les examens cliniques et assimilés; affirme le diagnostic dans plus des* 2/3 *des cas cliniquement douteux; ressère le problème diagnostique étroitement dans les cas restants.*

Le cathétérisme veineux du cœur laisse la place au doute surtout dans les cas où il a été incomplet, en particulier, quand l'artère pulmonaire n'a pas été cathétérisée. Il ne fait donc pas tous les diagnostics.

2° Le cathétérisme veineux du cœur, pour être la méthode d'investigation la plus précise, ne doit pas se passer des renseignements fournis par la clinique, la radiologie et l'électrocardiographie. Ce sont ces renseignements qui *permettent de savoir ce que l'on recherche au cours du cathétérisme et d'établir un plan d'investigation avant de faire le cathétérisme. C'est aussi la confrontation de ces différents moyens d'investigation et des résultats du cathétérisme qui nous amène à une conclusion exacte.*

Nous venons d'envisager les raisons qui font du cathétérisme veineux du cœur un des éléments fondamentaux d'investigation dans les cardiopathies congénitales. Quels sont les renseignements précis qu'il nous donne ? Ils sont de deux ordres :

Les premiers sont topographiques : ils découlent du repérage radiologique du bout du cathéter dans le cœur et dans les gros vaisseaux.

Les deuxièmes sont physio-pathologiques : ils découlent de l'analyse des échantillons sanguins prélevés dans chaque cavité ou vaisseau cathétérisé, du calcul du débit cardiaque, de l'enregistrement des pressions.

Renseignements d'ordre Topographique

Depuis les travaux de LAUBRY, COTTENOT, ROUTIER et HEIM DE BALZAC [21] on peut situer sur un film radiologique les différentes cavités cardiaques et les gros vaisseaux.

Les techniques d'opacification cardiaque chez le vivant se sont développées depuis ROBB et STEINBERG et apportent des précisions nouvelles sur le volume, la forme et la topographie des cavités cardiaques. Dans ce domaine, le cathétérisme cardiaque joue aussi un rôle : s'il ne donne qu'une idée très approximative du volume d'une cavité cardiaque, s'il est incapable d'en préciser la forme, il peut révéler des anomalies topographiques et des communications anormales entre le cœur droit et le cœur gauche, par le seul repérage radiologique de l'extrémité distale du cathéter.

Dans le cadre des anomalies topographiques, il convient de citer :

— *Les anomalies de retour veineux,* soit qu'il existe deux veines caves supérieures, l'une droite, l'autre gauche, soit qu'une ou plusieurs veines pulmonaires viennent se jeter dans l'oreillette droite; il n'est pas exceptionnel de voir l'extrémité distale du cathéter, descendant progressivement dans l'oreillette droite, apparaître brusquement en dehors de l'ombre cardiaque, dans la clarté pulmonaire. Les examens radiographiques en oblique, le cathéter en place dans la veine pulmonaire, confirment le diagnostic de pénétration anormale d'une veine pulmonaire dans l'oreillettre droite en éliminant cette deuxième possibilité qu'est le cathétérisme d'une veine pulmonaire par une communication interauriculaire.

— *Les anomalies de position de la tricuspide;* normalement

l'orifice tricuspidien se projette radiologiquement à 2 ou 3 cm. au-dessus de l'ombre diaphragmatique, sur le bord droit de l'ombre vertébrale. Le cathéter repère parfaitement la situation de la tricuspide, par la mesure à chaque instant des pressions intracavitaires : brusque ascension de la pression sanguine dès que la tricuspide est franchie. Par ailleurs, le passage de l'orifice tricuspidien est presque toujours indiqué par quelques salves d'extrasystoles. *Dans la maladie d'*EBSTEIN, anomalie d'implantation des valves de la tricuspide divisant le ventricule droit en une partie sustricuspidienne, de libre communication avec l'oreillette droite et une partie sous-tricuspidienne, de petit volume, chambre de chasse ventriculaire droite, le passage de la tricuspide est anormalement déporté vers la gauche de l'ombre cardiaque.

Un autre exemple de cet ordre est fourni par *les grosses dilatations auriculaires droites,* où le cathéter a tendance à s'enrouler dans l'oreillette droite, où la tricuspide anormalement située, est difficile à franchir, surtout s'il existe une insuffisance tricuspidienne : le bout cardiaque du cathéter, à l'approche de l'orifice tricuspidien, est violemment rejeté vers le bord droit du cœur.

Enfin, dernière anomalie topographique de la plus haute importanuce : *la transposition des gros vaisseaux de la base.* L'extrémité distale du cathéter est en place dans le ventricule droit; en poussant le cathéter, comme si l'on voulait pénétrer dans l'artère pulmonaire, on peut voir le cathéter décrire une boucle au niveau du pédicule vasculaire, redescendre verticalement en plein milieu de l'ombre cardiaque et parfois apparaître au-dessous de l'ombre diaphragmatique : l'aorte a été cathétérisée à partir du ventricule droit; peut se poser néanmoins le problème d'une aorte à cheval sur les deux ventricules; ce problème est résolu par les examens radiologiques obliques : le malade étant en oblique antérieure droite, l'aorte apparaît antérieure si elle est transposée.

Le cathétérisme veineux du cœur ne révèle pas que des anomalies topographiques. Il peut révéler aussi des communications anormales, soit entre le cœur droit et le cœur gauche, soit entre l'artère pulmonaire et l'aorte.

Dans les communications interauriculaires, le bout du cathéter peut passer de l'oreillette droite dans l'oreillette gauche. Sa situa-

tion postérieure et haute dans l'ombre cardiaque en oblique antérieure droite, l'échantillon sanguin manifestement oxygéné, le passage possible dans une veine pulmonaire, sont autant d'arguments pour affirmer la situation auriculaire gauche du bout du cathéter.

Dans les communications interventriculaires, le bout du cathéter peut passer dans le ventricule gauche et apparaître alors le long du bord gauche du cœur; ceci n'est pas un argument suffisant, surtout chez l'enfant où le ventricule droit atteint presque le bord gauche du cœur. Par contre, en oblique antérieure gauche, si le cathéter apparaît le long du bord postérieur arrondi du cœur, c'est qu'il se trouve dans le ventricule gauche. Ici aussi, l'échantillon sanguin oxygéné, l'enregistrement des pressions, le passage possible, quoique rare, dans l'aorte, confirme la situation ventriculaire gauche du cathéter.

Dans certains cas de persistance du canal artériel enfin, le cathéter peut s'engager de l'artère pulmonaire dans l'aorte. L'Ecole de Cardiologie Mexicaine a opposé les images radiologiques données par le cathéter passant d'un ventricule droit dans une aorte à cheval et d'une artère pulmonaire dans une aorte normale par la voie du canal artériel : dans le premier cas, le cathéter décrit sa courbe de dedans en dehors; cette courbe présente son sommet en regard de la 4e dorsale. En outre, l'enregistrement continu des pressions montre le passage brutal d'une courbe aortique à une courbe ventriculaire droite. Dans le deuxième cas, le cathéter décrit sa courbe de dehors en dedans, vers la colonne vertébrale; le sommet de cette courbe se projette sur la 5e vertèbre dorsale. L'enregistrement continu des pressions montre le passage rapide d'un tracé aortique à un tracé artériel pulmonaire.

Tous ces renseignements topographiques, fournis par la seule image du bout du cathéter, dans les cavités cardiaques ou dans les gros vaisseaux, ont une grosse valeur diagnostique; mais on ne saurait trop souligner les difficultés de leur interprétation. Aussi faut-il toujours les confronter avec ceux, physiopathologiques, fournis par le dosage des gaz du sang et l'enregistrement des pressions.

Renseignements d'ordre physiopathologique

Obtenir ces renseignements est le véritable but du cathétérisme cardiaque; ils ne sont probants que si l'on respecte une technique rigoureuse dans l'acte même du cathétérisme, dans le prélèvement et l'analyse des échantillons, dans l'enregistrement des pressions. En effet, il convient de pratiquer le cathétérisme sous contrôle radioscopique, permettant de repérer à chaque instant la position du bout du cathéter. D'autre part, on doit prélever les échantillons sanguins dans chaque cavité ou vaisseau cathétérisé, et, de préférence, deux à trois échantillons par cavité ou vaisseau.

Normalement, bien que le vrai sang veineux mêlé ne se rencontre que dans l'infundibulum ventriculaire droit et le tronc commun de l'artère pulmonaire, il n'existe, en ce qui concerne l'oxygène sanguin, qu'une petite différence entre le sang prélevé dans la veine cave supérieure, l'oreillette droite, le ventricule droit et l'artère pulmonaire. Dans les cardiopathies congénitales, ceci cesse, le plus souvent, d'être vrai et il y a intérêt à multiplier les prélèvements dans chaque cavité ou vaisseau, après repérage radiologique soigneux du bout du cathéter.

Les enregistrements de pression doivent se faire pas à pas, pour chaque cavité ou vaisseau cathétérisé. Il est utile d'enregistrer les pressions sanguines d'une manière continue, de l'artère pulmonaire à la veine cave supérieure. Enfin, le cathétérisme ne donne des renseignements formels sur le diagnostic d'une cardiopathie congénitale que s'il est complet, c'est-à-dire si l'on a pu cathétériser l'un des deux gros vaisseaux de la base au moins, artère pulmonaire ou aorte.

Dans ces conditions, le cathétérisme veineux du cœur donne des renseignements précis, tirés du *calcul du débit cardiaque et de l'enregistrement des pressions sanguines.*

I. *Renseignements fournis par le calcul du débit cardiaque.*

Ces renseignements permettent de résoudre deux questions fondamentales :

Y a-t-il ou non communication *anormale* entre deux cavités cardiaques ou entre deux gros vaisseaux ? Dans l'affirmative il existe un « shunt ».

Dès lors quels sont la direction, le volume, la situation de ce « shunt » ?

On ne saurait aborder ces problèmes sans poser avant toute chose le principe suivant :

Nombreuses sont les cardiopathies congénitales où les chasses ventriculaires droite et gauche ne sont plus égales; ces cardiopathies congénitales sont caractérisées par un défaut de cloisonnement du cœur ou par un défaut d'implantation de ses gros vaisseaux. En raison des différences de pression qui existent entre les cavités ou les vaisseaux communiquant anormalement, il se produit des courants sanguins anormaux, appelés court-circuit ou « shunt », dirigés, sêlon les cas, de la droite vers la gauche ou de la gauche vers la droite et qui détruisent l'égalité normale des chasses ventriculaires. De cette notion découle un fait fondamental : *en matière de cardiopathie congénitale il n'y a pas un débit cardiaque, mais des débits cardiaques*. Nous allons les définir.

Il est classique de déterminer le débit périphérique, quantité de sang destiné *à alimenter la grande circulation par minute* et le débit pulmonaire, quantité de sang passant par *l'artère pulmonaire par minute*.

Il convient de ne pas confondre *débit périphérique* et *débit aortique*, car ils ne sont pas toujours égaux : lorsqu'existe, par exemple, un canal artériel ouvert, une partie du débit aortique, dérivée vers l'artère pulmonaire, est soustraite à la grande circulation.

De même il ne faut pas confondre *débit pulmonaire* et *débit pulmonaire total* ou quantité totale de sang perfusant par minute les poumons : en effet, lorsque, par la voie des artères bronchiques, s'établit une circulation collatérale au niveau des poumons, la quantité totale de sang hématosé par minute est supérieure à la quantité de sang passant par l'artère pulmonaire dans le même temps, c'est-à-dire au débit pulmonaire. Cette notion de débit pulmonaire total ,appelé encore débit capillaire pulmonaire, a été apportée par le Dr R. J. Bing [24].

La détermination du débit périphérique et du débit pulmonaire découle de l'équation de Fick : elle n'est qu'un cas particulier de la détermination du débit cardiaque; ses équations ont

été posées par R. J. Bing [22] et par Dexter et ses collaborateurs [23].

$$\text{D. Pé. 1/min.} = \frac{\text{cons. en 02 1/min.}}{\text{02 art. périph. (vol. \%)} - \text{02 vein. mêlé (vol. \%)}} \times 100$$

où : D. Pé. = Débit périphérique.

Dans les cardiopathies congénitales où existe un « shunt » dirigé de la gauche vers la droite, le sang veineux mêlé ne peut plus être obtenu en toute rigueur; l'échantillon veineux doit être prélevé *en amont du « shunt »*, faute de quoi on prélève un mélange de sang veineux amené par le courant cave et de sang artériel venant du cœur gauche. L'échantillon veineux prélevé en amont du « shunt » n'est du vrai sang veineux mêlé que si le « shunt » est situé en aval de l'oreillette droite, puisqu'il est admis avec Cournand que le sang veineux auriculaire droit, prélevé dans de bonnes conditions, est du vrai sang veineux mêlé. Ainsi, dans les cas *de persistance du canal artériel* et de communication interventriculaire (cardiopathies congénitales caractérisées par un « shunt » dirigé de la gauche vers la droite), l'échantillon veineux mêlé sera prélevé au niveau de l'oreillette droite, au point optimum de Cournand.

Au contraire, dans les communications interauriculaires et dans les anomalies de retour des veines pulmonaires dans l'oreillette droite ou dans la veine cave supérieure, l'échantillon veineux sera prélevé dans la veine cave supérieure, en amont du « shunt »; il ne s'agit donc plus de vrai sang veineux mêlé, ce qui introduit, on le conçoit, une erreur appréciable dans le calcul du débit périphérique.

Voici maintenant l'équation du débit pulmonaire :

$$\text{D. Pu. 1/min.} = \frac{\text{cons. en 02 1/min.}}{\text{02 vein. pulm. (vol. \%)} - \text{02 art. pulm. (vol. \%)}} \times 100$$

Cette équation soulève un problème : comment déterminer la quantité d'oxygène contenue dans le sang des veines pulmonaires ? Dans les cas heureux où la veine pulmonaire est cathétérisée par une communication interauriculaire le problème est résolu

par l'analyse de l'échantillon. Dans les autres cas, on doit utiliser un artifice :

Il a été démontré expérimentalement (et les travaux de BING chez l'homme le confirment) que la teneur en oxygène du sang des veines pulmonaires représente les 96 % de la capacité en oxygène du sang étudié. La capacité en oxygène d'un sang est son taux de saturation maximum en oxygène, facile à déterminer en exposant à l'air un échantillon sanguin pendant une dizaine de minutes et en dosant ensuite la quantité d'oxygène qu'il contient; en l'absence d'anomalie alvéolaire, le sang capillaire est pleinement saturé, sa teneur en oxygène mesure la capacité. Le sang des veines pulmonaires est légèrement désaturé par rapport au sang capillaire en raison d'un léger apport veineux bronchique; c'est pourquoi le taux d'oxygène du sang des veines pulmonaires ne représente que les 96 % de la capacité.

Un autre écueil, rencontré dans la détermination du débit pulmonaire est l'imposibilité où l'on est, dans certains cas, de cathétériser l'artère pulmonaire. On utilise alors l'échantillon immédiatement sous-jacent, infundibulaire ou ventriculaire droit; l'erreur est minime.

La détermination du débit pulmonaire *total* ou débit capillaire pulmonaire dérive du principe de FICK (GRAY, BING et VANDAM) [24].

En voici l'équation :

$$\text{D. Cap. L./min.} = \frac{\text{C02 rejeté au niveau des poumons (L./min.)}}{\text{Co2 cap. art. pulm. (vol. \%)} - \text{Co2 cap. vein. pulm. (vol. \%)}}$$

où : D Cap. = Débit capillaire pulmonaire en litres/min.

La teneur en acide carbonique du sang capillaire veineux et artériel pulmonaire ne peut être déterminée que par des procédés indirects dont voici le principe : Le lit alvéolaire-pulmonaire est conçu comme un aérotonomètre; on équilibre l'air des poumons avec le contenu gazeux de trois sacs anesthésiques, remplis d'un mélange d'acide carbonique et d'oxygène en proportions connues et différentes. Le dosage de l'acide carbonique, contenu dans ces sacs après équilibration, permet, connaissant la composition initiale du mélange, de déterminer la teneur en acide carbonique du

sang capillaire arrivant au poumon pour y subir l'hématose, c'est-à-dire du sang capillaire artériel.

D'autre part, l'analyse d'un échantillon d'air alvéolaire donne la teneur en acide carbonique du sang quittant les poumons, c'est-à-dire du sang capillaire veineux pulmonaire. La différence entre le débit capillaire pulmonaire et le débit pulmonaire mesure le volume sanguin amené au poumon par la circulation collatérale ou par le canal artériel. C'est là le gros intérêt d'une méthode, qui permet, en outre, d'apprécier l'efficacité d'une opération d'anastomose aortico-pulmonaire, type BLALOCK-TAUSSIG, par les modifications du débit capillaire pulmonaire après intervention.

Si nous ne décrivons pas davantage cette méthode, c'est que sa technique est difficile, soumise aux erreurs des déterminations indirectes. Son utilisation est peu courante.

Nous venons ainsi d'acquérir la notion de trois débits sanguins: débit périphérique, débit pulmonaire et débit capillaire pulmonaire. BING, VANDAM et GRAY [22] ont apporté une autre notion du plus haut intérêt : *celle de débit pulmonaire effectif*. Voici par quoi le calcul de ce débit est justifié :

Le débit pulmonaire est la quantité de sang qui passe par minute dans l'artère pulmonaire. Ce sang est chez l'individu normal du sang veineux mêlé, uniquement destiné à être oxygéné. Dans les cardiopathies congénitales à « shunt » dirigé de gauche à droite, du sang artérialisé venant du cœur gauche se mélange avec le sang veineux amené par la circulation cave; c'est donc un mélange de sang veineux et artériel qui passe dans l'artère pulmonaire et la seule détermination du débit pulmonaire ne renseigne pas sur la quantité de sang qui est *effectivement* oxygénée au niveau des poumons. Il y a donc intérêt a essayer de déterminer cette fraction du débit pulmonaire qui bénéficie de l'hématose.

Dans les cardiopathies congénitales à « shunt » dirigé de droite à gauche, une fraction du sang veineux amené par le système cave est soustraite à la circulation pulmonaire, puisque dérivée vers la circulation périphérique; cette fraction veineuse n'est donc pas hématosée.

Il est donc intéressant de connaître le volume sanguin qui, après son *retour dans l'oreille droite*, atteint par minute les capil-

laires pulmonaires : *c'est le débit pulmonaire effectif* dont l'intérêt diagnostique, pronostique et pré-opératoire est évident.

En voici l'équation :

$$\text{D. P. E. l./min.} = \frac{\text{Cons. en 02 (L./min.)}}{\text{02 vein. pulm. (vol. \%)} - \text{02 O. D. (vol. \%)}}$$

où : D. P. E. = Débit pulmonaire effectif en l./min.
et où O. D. = Oreillette droite.

En l'absence de « shunt », débit périphérique, débit pulmonaire, débit capillaire et débit effectif sont égaux. L'existence d'un « shunt », au contraire, soustrait une certaine quantité de sang à l'une des circulations pour la dériver vers l'autre : l'inégalité des débits apparaît.

Ainsi le calcul et la comparaison des différents débits que nous venons de définir amène à une conclusion : il y a ou il n'y a pas de « shunt », c'est-à-dire communication anormale entre deux cavités cardiaques ou deux gros vaisseaux. Le raisonnement doit être poussé plus loin : s'il y a communication anormale, est-il possible de préciser *la direction* et *le volume du « shunt »* ? peut-on préciser *le siège de la communication* ? On peut toujours répondre par l'affirmation à la première question; dans la majorité des cas, seulement, à la deuxième.

Le « shunt » est dirigé de la droite vers la gauche toutes les fois que le débit périphérique est supérieur au débit pulmonaire. Réciproquement il est dirigé de la gauche vers la droite toutes les fois que le débit pulmonaire est supérieur au débit périphérique. *Ceci est valable dans sa simplicité lorsqu'il n'existe qu'un «shunt».*

Dans ce cas de « shunt » unique, la direction et le volume du « shunt » sont données par la seule comparaison des deux débits pulmonaire et périphérique :

Shunt gauche → droite (l./min.) = Débit pulmonaire (l./min.) — Débit périphérique (l./min.)

C'est le cas des communications interauriculaires et des communications interventriculaires non compliquées.

C'est aussi le cas de la persistance du canal artériel non compliqué où le shunt gauche droite est extracardiaque et peut ainsi s'évaluer :

Shunt extracardiaque gauche → droite (l./min.) = D. cap. (l./min.) — D. Pé. (l./min.)

Shunt droite → gauche (l./min.) = Débit périphérique (l./min.) — Débit pulmonaire (l./min.)

C'est le cas des sténoses pulmonaires ou des atrésies tricuspidiennes avec communication inter-auriculaire, ou persistance du foramen ovale.

Mais nombreuses sont les cardiopathies congénitales où existent deux « shunts » l'un dirigé de la gauche vers la droite, l'autre de la droite vers la gauche : deux cas sont à envisager :

— *Le shunt gauche → droite* est égal au shunt droite → gauche.

C'est le cas des transpositions des gros vaisseaux, qui ne sont compatibles avec la vie qu'à cette condition.

— *Deuxième éventualité :* L'un des deux « shunts » est prédominant.

C'est le cas des cardiopathies congénitales complexes, type tétralogie de FALLOT, complexe d'EISENMENGER. Dans la tétralogie de FALLOT, par exemple, on peut admettre l'existence d'un shunt dirigé de droite à gauche, passant directement du ventricule droit dans l'aorte, à cheval sur les deux ventricules. Néanmoins, il existe un shunt dirigé de gauche à droite, passant directement du ventricule gauche à haute pression dans le ventricule droit à pression moins élevée : la preuve en est fournie par l'anormale élévation du taux d'oxygène du sang ventriculaire droit par rapport à la teneur en oxygène de l'oreillette droite. Dès lors la comparaison entre le débit périphérique et le débit pulmonaire ne donne que le sens et le volume de la « résultante » des deux shunts composants :« overall shunt » des auteurs américains.

Débit périphérique — Débit pulmonaire.
ou = « overall shunt »
Débit pulmonaire — Débit périphérique.

C'est ici qu'intervient le débit pulmonaire effectif; si le débit pulmonaire est plus grand que le débit pulmonaire « effectif », c'est que l'artère pulmonaire draine du sang qui lui est amené du cœur gauche : la différence entre débit pulmonaire et débit effectif est égale au shunt Gauche → Droite.

Si le débit périphérique est plus grand que le débit pulmonaire « effectif », c'est que du sang veineux amené à l'oreillette droite

par le système cave est détourné de son but (artère pulmonaire) vers le cœur gauche.

D'où :

Débit périphérique — Débit effectif = shunt Droite → Gauche.

On peut ainsi résumer les observations précédentes :

1° Débit périphérique > Débit pulmonaire.

Deux cas :

a) Débit périphérique > Débit pulmonaire. Débit pulmonaire = Débit effectif.

Shunt unique droite → gauche.

b) Débit périphérique > Débit pulmonaire > Débit effectif.

Deux shunts dont l'un dirigé de la droite vers la gauche est prédominant :

Débit périphérique — Débit pulmonaire = « overall shunt » droite → gauche.

Débit périphérique — Débit effectif = shunt droite → gauche total.

Débit pulmonaire — Débit effectif = shunt gauche → droite total.

Overall shunt = shunt droite → gauche — shunt gauche → droite.

2° Débit pulmonaire > Débit périphérique : pratiquement un seul cas :

Débit pulmonaire > Débit périphérique = Débit effectif : shunt unique gauche → droite.

Seuls transpositions des gros vaisseaux et complexe d'EISENMENGER ont, en outre, un shunt droite → gauche, ainsi que certains cas *compliqués* de communication septale et de canal artériel.

Ce sont là les formules les plus simples qui permettent de définir direction et volume des shunts. On peut également utiliser les formules du Dr S. HOWARD ARMSTRONG, proposées par DEXTER et ses collaborateurs et qui représentent, sous une forme mathématique, le schéma que nous venons de donner et qui est journellement utilisé dans le laboratoire du Dr R. J. BING à Baltimore.

Ainsi se trouve résolu le problème de la direction et du volume d'un shunt. Demeure une dernière question : où est le shunt ?

Cette question est résolue généralement dans le cas de shunts dirigés de la gauche vers la droite : la simple lecture des résultats de l'analyse des gaz du sang renseigne immédiatement sur la localisation d'un tel shunt; en effet, s'il n'existe pas de shunt gauche → droite, l'analyse des échantillons sanguins prélevés au niveau de la veine cave supérieure, de l'oreillette droite, du ventricule droit et du tronc commun de l'artère pulmonaire et de ses deux branches, donne des résultats à peu près identiques, avec des différences « physiologiques » actuellement définies. Au contraire, s'il existe à un niveau quelconque entre la veine cave supérieure et l'une des branches de l'artère pulmonaire, un shunt dirigé de la gauche vers la droite, au niveau et en aval du shunt, le sang aura une teneur en oxygène supérieure au sang prélevé en amont. Voici les éventualités rencontrées :

1° Le sang prélevé au niveau de l'oreillette droite a un taux d'oxygène supérieur de 1,9 volume % à celui du sang de la veine cave supérieure :

Quatre possibilités :

— Communication interauriculaire (la plus fréquente);
— Oreillette unique (dans ce cas la différence entre le taux d'oxygène de l'oreillette et celui de la veine cave supérieure est largement supérieure à 2 vol. %);
— Abouchement anormal d'une ou plusieurs veines pulmonaires dans l'oreillette droite;
— Communication interventriculaire avec insuffisance tricuspidienne (rare).

Le contexte clinique et physiologique fera le diagnostic.

2° Le sang prélevé au niveau du ventricule droit a un taux d'oxygène supérieur de 1,5 volume % à celui du sang de l'oreillette droite.

Trois possibilités :

— Communication interventriculaire, isolée ou associée (la plus fréquente);
— Ventricule unique (dans ce cas la différence entre les taux

d'oxygène auriculaire et ventriculaire est largement supérieure à 1,5 volume %);

— Persistance du canal artériel avec insuffisance pulmonaire (rare).

3° Le sang prélevé au niveau d'une branche de l'artère pulmonaire a un taux d'oxygène supérieur de 1,1 volume % à celui du sang ventriculaire droit :

Une seule possibilité : Persistance du canal artériel.

En fait, cette différence de 1,1 volume %, communément admise, nous paraît insuffisante pour affirmer la persistance d'un canal artériel. Nous pensons qu'il faut exiger une différence plus grande.

Il est donc le plus souvent facile d'affirmer l'existence d'un shunt dirigé de la gauche vers la droite et de le localiser.

Le problème de la localisation d'un shunt dirigé de la droite vers la gauche est beaucoup plus complexe, puisqu'il ne nous est pas possible d'apprécier, suivant les étages, les différences de concentration en oxygène du sang du cœur gauche.

Lorsqu'en l'absence de troubles locaux de l'hématose (modifications anatomiques alvéolaires ou alvéolo-capillaires) et de méthémoglobinémie, il existe une insaturation du sang artériel périphérique (saturation inférieure à 92 %) on peut admettre que *cette insaturation est due à un shunt dirigé de la droite vers la gauche :* admission de sang veineux dans le sang artérialisé. Bing [25] a montré que cette insaturation est directement en rapport avec une diminution du débit pulmonaire effectif et non avec une diminution *isolée* du débit pulmonaire. Ainsi, dans les sténoses pulmonaires pures, sans persistance du foramen ovale, d'ailleurs très rares, il y a diminution du débit pulmonaire; il n'y a pas de shunt dirigé de la droite vers la gauche; donc le débit pulmonaire est égal au débit pulmonaire effectif; il n'y a pas d'insaturation du sang artériel périphérique. Dans les cardiopathies congénitales, la découverte d'une insaturation du sang artériel périphérique traduit une diminution du rapport :

Débit pulmonaire effectif (dû à un shunt dirigé de la droite vers la gauche).

Débit périphérique.

Où placer ce shunt ? Il peut être extracardiaque ou intracardiaque.

Intracardiaque, il peut siéger :

— *A l'étage auriculaire :* le courant sanguin allant de la droite vers la gauche peut passer par une communication interauriculaire; en général, les communications interauriculaires donnent lieu à un shunt dirigé de la gauche vers la droite car la pression auriculaire gauche est supérieure à la pression auriculaire droite. Mais dans les communications interauriculaires compliquées, avec grosse élévation de la résistance pulmonaire, un shunt dirigé de la droite vers la gauche peut apparaître. Dans ce cas, néanmoins, on a la notion d'un shunt gauche → droite concomitant ce qui éclaire le diagnostic.

Le courant sanguin allant de la droite vers la gauche peut passer également, et c'est le cas le plus fréquent, par un foramen ovale demeuré ouvert : le diagnostic se fait alors par la coexistence d'une hypertension auriculaire droite, due, par exemple, à une atrésie tricuspidienne, d'une hypertension ventriculaire droite due à une sténose pulmonaire. Le foramen ovale, dans ce cas, est la seule voie d'écoulement du sang auriculaire droit.

— *A l'étage ventriculaire :* le courant dirigé de la droite vers la gauche, peut passer par une communication interventriculaire: il s'agit d'une communication interventriculaire compliquée, pour des raisons identiques à celles que nous venons de citer à propos des communications interauriculaires. Surtout le courant allant de droite à gauche peut passer du ventricule droit dans une aorte à cheval sur les deux ventricules : c'est ce qui se produit dans la tétralogie de FALLOT, dans le complexe d'EISENMENGER. Le diagnostic n'est fait que par le contexte clinique et physiologique :

Par exemple : Sténose pulmonaire dans le FALLOT.

Hypertension pulmonaire dans l'EISENMENGER.

Nous voyons donc que dans les cas de shunt droite → gauche intracardiaque, la localisation du shunt demande un ensemble de renseignements précis. Elle n'a plus la simplicité de la localisation des shunts gauche → droite.

Sauf en ce qui concerne la persistance du foramen ovale, on

peut admettre, comme principe général, qu'un shunt dirigé de la droite vers la gauche est intracardiaque, s'il est associé à un shunt intracardiaque dirigé de la gauche vers la droite.

Sinon, les causes de persistance du foramen ovale étant éliminées, le shunt droite → gauche est extracardiaque. Il faut alors penser : soit à un canal artériel persistant avec shunt croisé, soit à une fistule artério-veineuse pulmonaire, diagnostics faits sur tout un ensemble de symptômes.

Nous pouvons résumer ce long chapitre des renseignements hémodynamiques tirés du calcul des débits de la manière suivante :

1° L'inégalité des débits périphérique et pulmonaire, ou cas particulier, des débits périphérique et pulmonaire total, fait la preuve de l'existence d'un shunt;

2° Se shunt est dirigé de la gauche vers la droite et isolé, si le débit pulmonaire effectif est égal au débit périphérique. Sa localisation est simple;

3° Ce shunt est dirigé de la droite vers la gauche, s'il y a insaturation périphérique, en l'absence de modifications pulmonaires ou sanguines.

— Il est intracardiaque s'il est associé à un shunt dirigé de la gauche vers la droite et donc si le débit périphérique est supérieur au débit pulmonaire lui,-même supérieur au débit effectif (exception de la persistance du foramen ovale due à une sténose pulmonaire ou à une atrésie tricuspidienne).

Sa localisation est difficile et demande la contribution d'autres renseignements physiologiques ou cliniques.

— Sinon il est extracardiaque et sa localisation demande à être précisée par d'autres investigations.

Ce ne sont là que des règles générales mais dont le bien fondé repose sur une expérience déjà longue du cathétérisme veineux du cœur. Enfin, et nous l'avons maintes fois souligné, ces règles ne sont pas issues de la seule interprétatation de l'analyse des gaz sanguins, mais de la confrontation des renseignements fournis par la clinique et par la physiologie : dans ce dernier cadre, entre l'enregistrement des pressions sanguines intracavitaires, de grosse importance dans le diagnostic des cardiopathies congénitales et que nous allons maintenant étudier.

II. *Renseignements fournis par l'enregistrement des pressions sanguines intracavitaires.*

Nous ne nous étendrons pas, car la deuxième partie de cette thèse est une contribution personnelle à l'étude des pressions intracavitaires.

Il ne semble pas que l'analyse des courbes de pression donne des renseignements d'ordre morphologique importants dans les cardiopathies congénitales. Beaucoup plus instructifs sont les renseignements numériques : la mesure des valeurs systolique, diastolique et moyenne des pressions sanguines.

On peut escompter dans ce domaine deux types de renseignements :

— Des renseignements d'ordre diagnostique :
Y a-t-il ou non hypertension pulmonaire ?
Y a-t-il ou non sténose pulmonaire ?

— Des renseignements d'ordre pronostique :
Y a-t-il ou non décompensation cardiaque droite ?

1° Le problème de l'hypertension ou de l'hypotension pulmonaire domine la classification des cardiopathies congénitales. Il est plus ou moins intimement lié aux modifications du débit pulmonaire et grossièrement on peut admettre qu'une réduction du débit pulmonaire s'accompagne d'hypotension pulmonaire, qu'une majoration du débit pulmonaire s'accompagne d'une pression pulmonaire normale ou d'une hypertension pulmonaire.

La clinique et la radiologie donnent des renseignements très importants sur la circulation pulmonaire. Mais relativement nombreux sont les cas où ces renseignements ne sont pas formels, où le diagnostic est, par conséquent, en suspens et où la seule mesure des pressions intracardiaques permet de résoudre le problème. Nous pensons à ces cas, à contours flous, de maladie de FALLOT, à artères pulmonaires radiologiquement normales, si difficiles à différencier d'un complexe d'EISENMENGER ou d'une transposition partielle des gros vaisseaux.

C'est là le triomphe du cathétérisme veineux du cœur à condi-

tion que l'artère pulmonaire soit cathétérisée : il aportera la preuve :

— Soit d'une hypertension pulmonaire;

— Soit d'une hypotension pulmonaire,

sinon en valeur absolue, tout au moins par rapport à la pression ventriculaire droite.

La preuve manométrique d'une hypertension pulmonaire ne résoud qu'un problème de diagnostic différentiel : il y a hypertension pulmonaire, il n'y a donc pas sténose pulmonaire. Reste à préciser, par d'autres renseignements tirés de la clinique et des autres tests physiologiques, la cause de cette hypertension.

Au contraire, la preuve manométrique d'une pression normale ou basse dans l'artère pulmonaire, avec pression haute dans le ventricule droit, fait la preuve formelle d'une sténose pulmonaire :

— Soit sténose pure ou avec foramen ovale ouvert, où la pression artérielle pulmonaire est de l'ordre de 20/5 mm. de Hg. ou au-dessous, avec pression systolique ventriculaire droite égale ou parfois supérieure à 100 mm. de Hg;

— Soit sténose associée aux autres anomalies de la tétralogie de Fallot où la pression de l'artère pulmonaire est égale ou inférieure à 20/5 mm. de Hg. environ, et où la pression ventriculaire droite tend à s'équilibrer avec la pression ventriculaire gauche.

L'enregistrement des pressions continu depuis l'artère pulmonaire jusqu'au ventricule droit nous permet non seulement d'affirmer d'une manière éclatante la sténose pulmonaire, mais encore de préciser son siège et son étendue : cassure brutale entre la pression pulmonaire et la pression ventriculaire droite, dans les sténoses valvulaires, cassures successives en plateaux, de hauteur croissante, dans les sténoses étendues, à la fois valvulaires et infundibulaires. Ce fait a une importance pré-opératoire de première valeur, car les sténoses valvulaires isolées relèvent seules de la valvulotomie pulmonaire.

2° Le deuxième problème résolu par la détermination des pressions intracardiaques droites est d'ordre pronostique : qu'il y ait hypertension ou hypotension pulmonaire, dans la majorité des cas, tôt ou tard il y aura hypertension ventriculaire droite : mais encore faut-il distinguer l'hypertension purement systolique

(60/4 mm. de Hg., par exemple) et l'hypertension systolique et diastolique (60/25 mm. de Hg., par exemple) où l'élévation de la pression diastolique au-dessus de ses valeurs normales (0 à 5 mm. de Hg.) est un *des signes les plus précoces de la défaillance ventriculaire droite.*

Ce sont là les problèmes essentiels posés ou résolus par l'enregistrement des pressions intracardiaques. Retenons que la cassure entre les pressions pulmonaire et ventriculaire droite, observée dans les sténoses pulmonaires, est un des faits les plus spectaculaires du cathétérisme veineux du cœur. Retenons aussi que, pour les pressions comme pour les « shunts », il n'est possible d'escompter un résultat probant que si l'un des vaisseaux de la base a été cathétérisé.

Nous venons ainsi de passer en revue les renseignements essentiels fournis par le cathétérisme veineux du cœur dans les cardiopathies congénitales. Le calcul des résistances pulmonaires, l'épreuve d'effort au cours du cathétérisme donnent aussi des renseignements utiles, mais dans des cas particuliers : nous ne saurions les étudier en détail sans aborder les problèmes précis qu'ils essayent de résoudre et sans sortir largement du cadre que nous nous sommes imposés.

Nous terminerons cette étude d'ensemble en soumettant au lecteur la classification physiopathologique des cardiopathies congénitales proposées par le Dr R. J. Bing [25] et en résumant, à propos des plus fréquentes d'entre elles, les renseignements hémodynamiques essentiels apportés par le cathétérisme veineux du cœur.

Premier groupe :

Le débit pulmonaire est inférieur au débit périphérique.
La pression artérielle pulmonaire est, en général, diminuée.

1. Tétralogie de Fallot.
2. Pseudo *troncus arteriosus.*
3. Atrésie tricuspidienne.
4. Ventricule unique.
   1° Avec artère pulmonaire naissant d'une chambre de chasse rudimentaire.

2° Avec sténose pulmonaire.

5. Transposition des gros vaisseaux avec sténose pulmonaire.
6. Sténose pulmonaire + foramen ovale.
7. Maladie d'EBSTEIN + foramen ovale.
8. Anomalie de retour veineux.
    1° Fistule artérioso-veineuse pulmonaire.
    2° Veine cave supérieure s'abouchant dans l'oreillette gauche.

Deuxième groupe :

Le débit pulmonaire est supérieur au débit périphérique.
La pression artérielle pulmonaire est normale ou majorée.

1° Complexe d'EISENMENGER.
2° Transposition des gros vaisseaux.
    1° Complète.
    2° Partielle.
3° Communications septales.
    1° Interauriculaires.
        — Simples.
        — Maladie de LUTEMBACHER.
    2° Interventriculaires.
4° Atrésie aortique avec canal artériel persistant.
5° Ventricule unique.
    1° Avec les deux gros vaisseaux naissant d'une chambre de chasse rudimentaire.
    2° Avec l'aorte naissant d'une chambre de chasse rudimentaire.
6° Tronc artériel.
7° Persistance du canal artériel.
8° Anomalie de retour veineux avec veine pulmonaire se vidant dans la veine cave ou dans l'oreillette droite.

Troisième groupe :

Le débit pulmonaire est égal au débit périphérique au repos et après exercice.

1° Sténose pulmonaire pure.
2° Foramen ovale ouvert (anomalie isolée).
3° Rétrécissement isthmique de l'aorte.
    1° Type adulte.
    2° Type infantile.
4° Double arc aortique.

Maladie	Anomalie anatomique	Cyanose	Gas du sang	Débits	Shynts	Pressions	Cavité ou vaisseau susceptible d'être cathetérisé	Operation
Tetralogie de Fallot	Sténose Pulm Aorte à cheval Communic. ventricul. Hypertrophie V.D.	++	Insat. $O_2VD > O_2OD$	DPe > D.Pu DPu > D.E	D→G (aorte) G⇔D (comm. vent.)	VD ↑ AP ↓	VG rarement Aorte souvent A.P.	Blalock - Taussig
Pseudotronc artériel	Atresie pulm. ++ Vaisseau unique à cheval	++	Insat. $O_2VD > O_2OD$	DPe > DPu DPu > DE	D→G (vaisseau à cheval) G→D extr. (circul. collat.)	VD ↑	V G aorte	Blalock Taussig
Atresie tricuspidienne	Atresie tricusp. + foramen ovale ou comm.interauric. + circul.collat.	++	Insat.	DPe > DPu DPu < D.cap	D→G (com.interauric.) ou foramen ovale G→D extr. (circul. collat.)	OD ↑	O G (comm. interauricul.)	
Ventricule unique + sténose Pulm.		++	Insat. $O_2V > O_2OD$	DPe > DPu	D → G	V ↑	Ventricule unique Aorte	
Transposition + Sténose Pulm.	Aorte naît du VD A.P sténosée du VG + Défauts septaux + circul.collat.	+++	Insat. +++ $O_2VD > O_2OD$ O_2 aorte < O_2 AP	DPe < DPu DPu > DE	G→D (comm. ventric.) D→G extr (circ.coll.)	VD ↑	OG VG (comm.septale AORTE (par le VD)	
Sténose Pulm. + Foramen ovale		+	Insat. $O_2VD = O_2OD$	DPe > DPu DPu = DE	D→G (foramen ovale)	VD ↑ ++ OD ↑ AP normale ou ↓	A.P. O G. V.P	valvulotomie

GROUPE II

Maladie	Anomalie Anat.	Cyanose	Gaz du sang	Débits	Shunts	Pressions	Cavités ou vaisseaux susceptibles d'être cathétérisés	Opération
Complexe d'Eisenmerger	Aorte à cheval communic. ventriculaire haute	+ tardive	Insat. $O_2VD > O_2OD$	DPu > DPe > DE	G→D (communic. intervent. D→G si ↑ de la résistance pulm.	N D ↑ ± A P ↑ ±	VG rarement AP Aorte svt.	
Transposition des gros vaisseaux	Aorte naît du VD AP du VG + - communic. septale	++	Insat. O_2 aorte ≤ O_2AP	DPu > DPe DE svt. misérable	D→G et G→D croisés égaux = DE	AP ↑ ++	OG + - VG ± Aorte rarement A.P	communication inter-auricul artificielle
Communications inter auriculaire		0 sauf cas compliqués (↑ resist. pulm.)	$O_2OD > O_2VCS$	DPu > DPe	G→D croisé si compliqué	AP normale ou ↑	O G V P	
Communication inter ventriculaire		0 sauf cas compliqués (↑ résist. pulm.)	$O_2VD > O_2OD$	DPu > DPe	G→D croisé si compliqué	AP normale ou ↑	V G	
Persistance du canal artériel		0 sauf cas compliqués	$O_2AP > O_2VD$	DPuT > DPe	G→D extra-cardiaque. croisé si compliqué	AR normale ou ↑		ligature section

Légende : DPé = débit périphérique
DPu = débit pulmonaire
DE = débit effectif
D.cap = débit capillaire
Insat. = insaturation artérielle périphérique

LE CATHÉTÉRISME VEINEUX DU CŒUR DANS LES MITRALITES

Le cathétérisme veineux du cœur dans les mitralites ne répond plus à un but diagnostique. C'est une méthode d'investigation physiologique qui donne deux sortes de renseignements :

— Des renseignements d'ordre pronostique qui découlent de l'existence ou de l'absence d'une hypertension pulmonaire, de son degré, du degré de participation du cœur droit;

— Des renseignements pré-opératoires, actuellement encore à l'étude et qui découlent du degré de tolérance de la mitralite.

Ces renseignements seront fournis avant tout par la mesure des pressions intracavitaires et artérielle pulmonaire et par la détermination du débit cardiaque, au repos et pendant l'effort.

1° Y a-t-il ou non hypertension pulmonaire ? Quelle est son importance ?

C'est là la première question à résoudre. C'est un fait classique que les mitralites, et le rétrécissement mitral en particulier, retentissent précocement sur la circulation pulmonaire; le cathétérisme veineux du cœur le prouve, à une époque où la clinique et la radiologie sont encore muettes. C'est dire la signification pronostique de la mesure précise des pressions pulmonaires.

L'élévation de la pression pulmonaire dans les mitralites présente des caractères particuliers qui la différencient des hypertensions pulmonaires par élévation du débit pulmonaire (cardiopathies congénitales à gros « shunt » dirigé de la gauche vers la droite et des hypertensions pulmonaires des scléroses pulmonaires :

Dans les mitralites, l'hypertension pulmonaire porte aussi bien sur le territoire capillaire que sur le territoire artériolaire ou artériel, donc sur l'ensemble du lit vasculaire pulmonaire. Au contraire, dans *les scléroses pulmonaires,* aboutissant au cœur pulmonaire chronique, *dans les cardiopathies congénitales* à gros « shunt » dirigé de gauche à droite, l'hypertension pulmonaire est avant tout artérielle et artériolaire : nous aborderons à nouveau ce problème dans la deuxième partie de notre thèse.

Ainsi, la caractéristique essentielle de l'hypertension des mitraux est-elle d'intéresser tout le lit vasculaire pulmonaire : ceci est dû à la stase auriculaire gauche et veineuse pulmonaire, mais aussi aux modifications anatomiques pulmonaires, si fréquemment rencontrées dans le rétrécissement mitral, au niveau des capillaires de tout l'arbre artériel pulmonaire et des alvéoles pulmonaires.

2° En présence d'une hypertension pulmonaire chez un mitral, une deuxième question se pose : l'hypertension est-elle menaçante ? Y a-t-il danger d'œdème aigu du poumon ?

Dexter et ses collaborateurs ont montré [26] récemment que la pression « capillaire » pulmonaire moyenne, dans un certain nombre de mitralites, était supérieure à 25 mm. de Hg., donc supérieure à la pression onkotique du plasma. Néanmoins, il n'y avait pas nécessairement d'œdème aigu du poumon.

Dexter pense que la mise en place d'un cathéter qui obstrue une branche artérielle pulmonaire (ce qui est la condition première d'enregistrement de la pression capillaire) introduit une cause d'erreur dans l'appréciation de la pression capillaire. Quoiqu'il en soit, si l'on admet que la limite supérieure normale de la pression capillaire moyenne est de 10 à 12 mm. de Hg., on conçoit que le cathétérisme veineux du cœur, en mettant en évidence des pressions capillaires moyennes élevées, puisse donner des renseignements d'ordre pronostique, utiles chez tout mitral présentant une hypertension pulmonaire.

3° Une troisième question se pose : quelle est la valeur du cœur droit ? En effet, une hypertension pulmonaire peut être grave en dehors de toute menace d'œdème aigu du poumon; car tôt ou tard, elle retentira sur les cavités droites du cœur. Le cathétérisme veineux du cœur renseigne, avant toute autre méthode, sur la compétence ou l'insuffisance du cœur droit : ceci par la mesure du débit cardiaque et par la lecture des pressions ventriculaires droites.

Les deux signes les plus précoces de la défaillance du cœur droit sont :

La diminution du débit cardiaque et sa paresse à s'élever à l'effort.

L'élévation de la pression diastolique ventriculaire droite.

— Dans les mitralites, le cloisonnement cardiaque est normal; le débit périphérique est donc égal au débit pulmonaire. Normalement, le cœur doit assurer un débit sanguin tel qu'à tout instant, soient satisfaits les besoins en oxygène de l'organisme; un cœur compétent élève donc son débit au moment de l'effort, et a un débit normal au repos. Lorsque le cœur droit, puisque c'est le premier touché dans les mitralites, devient physiologiquement défaillant, dans un premier temps, il est incapable d'élever à l'effort son débit qui est normal au repos; dans un deuxième temps, il diminue son débit au repos au-dessous des valeurs normales (3 litres/min./m2);

— Le deuxième signe d'incompétence du cœur droit est l'élévation de la pression diastolique ventriculaire droite. Cette pression, mesurée en fin de diastole, est la pression de remplissage ventriculaire : elle varie normalement entre 0 et 5 mm. de Hg. Toute élévation au-dessus de ce dernier chiffre est un des meilleurs signes d'incompétence du cœur droit.

4° Enfin une dernière question: existe-t-il des arguments physiologiques, susceptibles d'influencer le cardiologue dans le choix de la thérapeutique? La commisurotomie mitrale est encore une opération trop récente pour que ses indications soient posées en toute rigueur. Néanmoins, pour rester sur un plan physiopathologique, il semble que les rétrécissements mitraux œdémateux bénéficent de l'intervention : or, le cathétérisme veineux du cœur peut prévoir, avant la clinique et la radiologie, le danger d'œdème pulmonaire. Par ailleurs, l'intervention pour être efficace, doit être faite avant que les lésions anatomiques du lit vasculaire pulmonaire soient irréversibles. C'est ici que le cathétérisme veineux du cœur, en permettant le calcul de la résistance pulmonaire, peut rendre les plus grands services : à l'effort, le débit pulmonaire doit s'élever beaucoup plus que ne le fait la pression pulmonaire: si le lit vasculaire est « souple », s'adapte, la résistance pulmonaire, rapport d'une pression et d'un débit, doit diminuer. Au contraire, si le lit vasculaire pulmonaire est le siège d'altérations anatomiques importantes, sa faculté d'adaptation à une élévation de débit disparaît : pression et débit s'élèvent parallèlement, la résistance pulmonaire est « fixée »; c'est une contre-indication opératoire; ceci est d'autant plus exact que le ventricule droit est plus incompétent, donc moins apte à élever son débit à l'effort.

Nous terminerons ce chapitre des indications du cathétérisme veineux du cœur en mentionnant son importance dans les affections du cœur gauche qui élèvent la pression auriculaire gauche (péricardite constrictive gauche par exemple), dans le cœur pulmonaire chronique et l'insuffisance ventriculaire droite dont nous avons déjà suffisamment parlé à propos des mitralites, pour ne plus avoir à y revenir.

Telles sont les indications du cathétérisme veineux du cœur. Elles sont nettement définies, suffisamment pour que cette méthode soit appliquée à coup sûr et apporte les renseignements que l'on est en droit d'attendre d'elle.

CHAPITRE III

TECHNIQUE DU CATHÉTÉRISME VEINEUX DU CŒUR

Les différentes applications du cathétérisme veineux du cœur ne sont possibles que si l'on se soumet aux exigences d'une technique très stricte. Cette technique découle d'ailleurs, dans ses grandes lignes, des principes généraux que nous avons développés : le cathétérisme veineux du cœur a pour buts essentiels de permettre le calcul du débit cardiaque par l'équation de Fick et l'enregistrement des pressions intracavitaires; il faudra donc éviter au maximum les erreurs que peuvent comporter ces deux modes d'exploration..

Le cathétérisme veineux du cœur doit se dérouler dans un ordre déterminé, prévu à l'avance et qui, comme toute intervention, commence avant le premier coup de bistouri. La condition essentielle de son succès réside dans une étroite collaboration de l'opérateur et du sujet, de l'opérateur et de ses aides.

Le premier temps du cathétérisme veineux du cœur est la préparation du matériel : c'est un temps capital.

Le matériel utilisé pendant le cathétérisme veineux du cœur peut être ainsi décrit :

1° Le gros matériel, à poste fixe dans la salle de cathétérisme, comprend :

— Une table horizontale de radiologie; un tapis de caoutchouc mousse, de 2 à 3 cm. d'épaisseur, échancré à sa partie supérieure, la revêt sur toute sa longueur. L'écran radioscopique susceptible de gêner à certains moments les manœuvres de l'opérateur, doit être amovible;

— L'appareil enregistreur de pression, galvanomètre et caméra à fente ou oscillographe cathodique, suffisamment éloigné de l'opérateur pour minimiser les fautes d'asepsie, mais placé de

telle sorte que l'opérateur et son aide puissent suivre facilement le spott lumineux ou voir s'inscrire les courbes de pression;

— L'électrocardiogramme qui doit fonctionner pendant la majeure partie du cathétérisme, tout au moins pendant les manœuvres mobilisant le cathéter dans le cœur. La surveillance de l'électrocardiogramme, de même que l'enregistrement des pressions, nécessitent chacun un aide;

— Enfin, pour pallier à toute éventualité, une bombe et un masque à oxygène, une pharmacie contenant les médicaments tonicardiaques d'urgence.

2° Outre ce matériel fixe, dont il faut vérifier régulièrement le bon fonctionnement (en particulier l'enregistreur de pression qu'il faut étalonner de temps à autre avec un manmètre à Hg., et l'électrocardiogramme : il faut vérifier l'efficacité de ses connexions à la terre et de son système antiparasite), il y a un petit matériel qui sera manipulé par l'opérateur et son aide et qui doit répondre aux exigences suivantes :

— Il doit être stérile;
— Il doit être en parfait état.

C'est de lui que dépend, avant tout, la bonne marche du cathétérisme; il faut donc le vérifier soigneusement avant et après tout cathétérisme.

Il comprend :

— Une boîte de dénudation veineuse : il faut insister sur deux points : l'importance des petites pinces à hémostase à mors plats, peu traumatisantes, permettant de pincer superficiellement la paroi veineuse; la nécessité de petits ciseaux pointus destinés à ouvrir la veine;

— Les cathéters : c'est l'instrument essentiel. Ils sont fabriqués selon le principe des cathéters uréteraux. Les cathéters américains sont de deux types, selon la forme de leur extrémité distale : soit percée d'un seul orifice (type COURNAND), soit percée de trois orifices : l'un médian, les deux autres latéraux, plus particulièrement recommandés pour le cathétérisme du sinus coronaire (type GOODALE-LUBIN). Il est préférable d'avoir à sa disposition pour tout cathétérisme un jeu complet de cathéters de diamètre progressivement croissant (4F, 5F, 6F, 7F, 8F). Le choix du cathéter dépend uniquement du diamètre de la veine.

Au cours du cathétérisme les deux incidents les plus gênants sont l'obstruction du cathéter par un caillot sanguin et l'aspiration d'air au moment du prélèvement sanguin; on évite le premier incident par l'irrigation continue du cathéter grâce à un courant de sérum physiologique hépariné, et accessoirement par l'utilisation d'un mandrin (Bing).

Mais, pour prévenir toute possibilité d'obstruction et de fuite, le nettoyage et la vérification du cathéter, avant et après tout cathétérisme, s'imposent :

Nettoyer le cathéter après usage, à grande eau;
Puis faire passer pendant un quart d'heure au moins dans le cathéter, un courant d'eau distillée, mélangée à une solution décapante (type détergicide);
Laisser sécher.

La vérification du cathéter doit comporter la recherche de toute cassure, de toute irrégularité, de toute fêlure sur sa surface extérieure; aussi la recherche de toute fuite par aspiration d'eau distillée grâce à une seringue étanche adaptée à l'extrémité proximale du cathéter : la pénétration dans la seringue de bulles d'air fait la preuve d'une fuite que l'on localise ensuite sous l'eau.

Tout cathéter suspect de la moindre fuite doit être abandonné.

Enfin, le jour du cathétérisme, les cathéters seront stérilisés soit par simple ébullition, soit par une substance non irritante bactéricide (type détergicide 1/625e).

— Le matériel d'irrigation est un banal système de perfusion, dont le tube de caoutchouc unissant le cathéter à l'ampoule de sérum doit être stérile.

Le matériel d'irrigation comporte, en outre, un cristallisoir de verre, stérile, contenant 1 litre de sérum salé isotonique hépariné et qui sert, avant le cathétérisme, à vérifier le bon fonctionnement du cathéter, pendant le cathétérisme à inonder le cathéter de sérum physiologique, après tout prélèvement sanguin pour en chasser le sang.

— Le matériel d'aspiration est constitué par des seringues à piston parfaitement rodé et munies d'un système d'embout spécial (« luer-lock » syringes) permettant une connexion parfaite de la seringue et du cathéter. Les seringues stériles doivent être parfai-

tement séchées avant d'y introduire huile et héparine, nécessaires pour les prélèvements sanguins.

— Enfin la connexion cathéter-manomètre à pression est constituée par des tubes métalliques stériles munis d'un robinet à trois voies qui permet leur connexion avec le cathéter et leur remplissage par du sérum salé.

Le point important est de vérifier, avant tout cathétérisme, que les connexions entre le système d'irrigation, le système d'enregistrement de pressions et le cathéter soient parfaitement étanches. Ces connexions se font par un robinet à trois voies à « luer-lock », adapté à l'extrémité proximale du cathéter, dont le pavillon s'adapte soit à une seringue d'aspiration, soit au système d'enregistrement de pression et dont la tubulure latérale s'adapte au caoutchouc du système d'irrigation.

Nous voyons l'importance qu'il faut attacher au nettoyage et à la vérification de ce petit matériel avant et après tout cathétérisme.

La préparation et l'installation du malade.

Pour que le malade reste dans des conditions métaboliques à peu après constantes, il faut :

— Qu'il ne soit pas impressionné par l'idée de ce qu'on va lui faire. La préparation psychologique du malade est très importante. Dans certains cas même, il peut y avoir intérêt à faire assister à un cathétérisme, le malade que l'on cathétérisera le lendemain. Il y a donc intérêt à ce que le malade soit hospitalisé 24 à 48 heures à l'avance.

— Il faut aussi que pendant le cathétérisme il soit indifférent à ce qui l'entoure; il ne doit pas souffrir et *doit être confortablement installé*. Pour qu'il soit le plus indifférent possible il est bon d'utiliser une prémédication à base de scopolamine-morphine. Pour qu'il ne souffre pas, il est nécessaire de faire une excellente anesthésie locale, pour la dénudation veineuse; on doit s'arrêter à la moindre douleur pendant le cathétérisme, infiltrer de novocaïne la région de dénudation douloureuse, calmer les sensations pénibles causées par l'apparition de troubles du rythme et surtout les éviter au maximum par des manœuvres courtes et précises et en

obéissant aux conseils de l'aide chargé de surveiller l'électrocardiogramme.

Il est nécessaire que le malade soit bien installé, pour éviter toute modification importante de son métabolisme, pour éviter surtout le spasme veineux, cause de la plupart des échecs du cathétérisme. *Un matelas de caoutchouc* est donc un des accessoires les plus utiles du matériel du cathétérisme.

— Il faut enfin que le cathétérisme se déroule dans l'ordre et dans le calme, toute excitation extérieure étant susceptible de modifier les conditions métaboliques du sujet.

La préparation du malade est donc un temps essentiel; nous ne saurions trop insister sur la nécessité de connaître le malade, de repérer la meilleure veine à utiliser, de prévoir ce que l'on a à rechercher; c'est à cette condition que le cathétérisme se déroulera facilement, dans un minimum de temps, donc avec un minimum de risques et de causes d'erreurs. Nous avons longuement insisté sur la préparation du matériel, sur l'installation du malade et sa préparation psychologique, car ce sont des conditions essentielles de succès. Jusqu'à maintenant l'opérateur n'est pas entré en action. Tout s'est fait en dehors de lui, avant que ne commence le cathétérisme.

Voyons maintenant comment se déroule le cathétérisme lui-même.

L'opérateur et son aide doivent travailler dans les meilleures conditions d'asepsie : le cathétérisme se fait en milieu chirurgical. Le premier temps du cathétérisme lui-même sera donc la préparation de la table d'opération. Voici le schéma chronologique le plus commode :

— En premier lieu, disposer le matériel de dénudation; puis installer le système d'irrigation et le purger de tout l'air qu'il peut contenir. On utilise 1.000 cc. de sérum soit salé isotonique avec 1 cc. d'héparine par litre; soit glucosé et également hépariné, si le malade présente une insuffisance cardiaque avec des signes de rétention saline;

— Installer ensuite les tubes métalliques servant de connexion entre le cathéter et les manomètres, les remplir de sérum salé avec le système d'irrigation jusqu'à ce que toutes les bulles d'air en soient chassées;

— Préparer le cathéter dont le choix est basé sur l'âge du malade et le diamètre présumé de la veine. On peut ou non le monter sur un mandrin. De toutes manières, il faut adapter le cathéter au système d'irrigation par l'intermédiaire du robinet à trois voies. Puis adapter une seringue de 20 cc. pleine de sérum salé isotonique hépariné au pavillon du robinet à trois voies et remplir ainsi le cathéter de sérum pour en chasser l'air; enfin il faut aspirer du sérum physiologique hépariné par l'extrémité distale du cathéter baignant dans le cristallisoir, à l'aide de la même seringue, pour vérifier l'absence de fuite; dès lors laisser s'écouler dans le cathéter à très petite vitesse le sérum physiologique du système d'irrigation : le cathéter est prêt à servir.

Le cathétérisme.

Il comporte, en premier lieu, la dénudation veineuse : il y a intérêt à choisir une veine du pli du coude et de préférence la basilique, car la crosse de la céphalique est souvent difficile à franchir. C'est le bras gauche qu'il faut choisir pour pénétrer plus facilement dans l'oreillette droite et pour simplifier les manœuvres intracardiaques. Une fois la veine dénudée, la pincer (la dénudation ne doit pas être traumatisante afin d'éviter le spasme veineux) superficiellement avec une petite pince à mors plats, perpendiculairement à son plan. Ouvrir alors la veine aux ciseaux par une entaille verticale suffisamment large pour admettre le bout du cathéter. Après ablation du garrot, introduire le bout du cathéter dans la veine en lui imprimant de petits mouvements de rotation autour de son axe, pousser aveuglément le cathéter de 20 cm. environ, pincer la veine sous le cathéter avec une pince à mors plats qui servira de moyen de traction et qui évitera toute hémorragie par la brèche veineuse. Régler alors le goutte-à-goutte (15 gouttes/min. environ).

Après un temps d'accommodation dans l'obscurité, commencent les véritables manœuvres du cathétérisme cardiaque, sous contrôle radioscopique. Le but est d'atteindre l'artère pulmonaire le plus vite possible et de faire, en somme, une exploration rétrograde, pour diminuer les chances de spasme veineux et pour ne pas perdre de temps.

Voici les écueils rencontrés :

— Le spasme veineux : savoir attendre.

Les différents moyens médicaux proposés sont le plus souvent inefficaces.

— L'obstacle cervical : au niveau de la région jugulaire, la fausse route est fréquente : pénétration du cathéter dans la jugulaire interne, dans la veine sous-claviaire opposée. Revenir alors dans la région axillaire et avant l'obstacle, tourner le cathéter de telle sorte que son extrémité distale, courbée, regarde en bas. En cas d'échecs répétés, placer le bras en abduction à 90° et soulever l'épaule gauche. Souvent aussi, demander au malade de tourner la tête ou de faire une inspiration forcée suffit pour franchir l'obstacle.

Une fois que le bout du cathéter est dans l'oreillette droite, rechercher la tricuspide : normalement, elle est située sur le flanc droit de la colonne vertébrale, à deux travers de doigt au-dessus de l'ombre diaphragmatique. Une salve d'extrasystoles survient en général au moment du passage de la tricuspide. Il faut, pour passer sans encombre, que le bout du cathéter soit tourné vers la ligne médiane à la hauteur de la partie moyenne de l'oreillette droite. Dans un cœur de volume normal, le passage du bout du cathéter dans l'artère pulmonaire est, dans la règle, facile. Nous ne saurions, dans ce travail, donner d'autres renseignements que des renseignements généraux. Ce n'est qu'avec une longue pratique que l'on arrive à guider le cathéter à l'intérieur du cœur.

Voici les règles générales qu'il faut appliquer :

1° Si le cœur est normalement cloisonné, une chose compte : la détermination exacte du débit cardiaque.

L'échantillon de sang veineux mêlé sera prélevé de préférence dans le tronc commun de l'artère pulmonaire. Pour avoir un débit cardiaque exact, il faut que les conditions métaboliques du sujet restent constantes. COURNAND [27] propose, une fois le cathéter en place, de faire la ponction artérielle sous-anesthésie locale avec une aiguille spéciale à mandrin, *d'attendre une demi heure sans rien faire,* puis de prélever simultanément les échantillons sanguins et l'échantillon d'air expiré.

2° S'il s'agit d'une cardiopathie congénitale, le problème est tout à fait différent : il faut enregistrer les pressions et prélever au moins deux échantillons dans chaque cavité ou vaisseau cathétérisé. Seuls peuvent être pris simultanément, de préférence au

début du cathétérisme, l'échantillon artériel et le métabolisme du sujet.

De toutes façons, les échantillons sanguins doivent être prélevés lentement, après aspiration dans une seringue de quelques centimètres cubes de sang, pour purger le cathéter du sérum physiologique qu'il contient. Après le prélèvement, on doit injecter 2 à 3 cc. de sérum physiologique hépariné dans le cathéter, pour en chasser le sang. L'échantillon sanguin, agité lentement pour qu'il ne coagule pas dans la seringue, est alors numéroté et analysé *le plus tôt possible* après son prélèvement.

On termine le cathétérisme après retrait du cathéter, soit par ligature des deux bouts de la veine, soit, après fermeture de la peau, par un simple pansement compressif.

DEXTER conseille d'injecter 10.000 unités de pénicilline par voie intramusculaire après le cathétérisme.

Nous terminerons ce chapitre, nécessairement incomplet, en soulignant les points suivants que nous ne pouvons développer :

— Le cathétérisme bien conduit est une petite intervention sans gravité, parfaitement tolérée par le malade. Les contre-indications cardiaques sont la grande asystolie avec orthopnée importante, l'infarctus du myocarde récent, le flutter auriculaire ou les tachycardies sinusales à rythme rapide, la thrombose auriculaire;

— En dehors des accidents dont nous avons mentionné l'existence et qui sont la conséquence de fautes de technique, on ne note, au cours du cathétérisme cardiaque, que des troubles du rythme allant de l'extrasystole isolée à la tachycardie nodale.

Signalons la possibilité de blocs auriculo-ventriculaires passagers et, sans qu'on puisse savoir pourquoi, l'apparition de bloc focal droit dans certains cas. Les troubles rythmiques sont toujours passagers. L'apparition de l'un quelconque d'entr'eux, particulièrement d'extrasystoles en salve et de tachycardie nodale, commande le retrait du cathéter dans la veine cave supérieure. Il ne faut jamais laisser se multiplier les extrasystoles ni durer une tachycardie.

Si l'on tient compte de ces conseils de prudence, il n'arrive jamais rien d'inquiétant au cours du cathétérisme veineux du cœur.

DEUXIÈME PARTIE

Contribution à l'étude des Pressions Intra-Cardiaques

Comparaison des pressions auriculaire droite et auriculaire gauche, artérielle, veineuse et capillaire pulmonaire dans neuf cas de communication inter-auriculaire chez l'homme

Si l'on cathétérise une branche terminale de l'artère pulmonaire de telle sorte que le cathéter, obstruant la lumière du vaisseau y soit bloqué, le tracé de pression ainsi recueilli est assez semblable à un tracé de pression veineuse pulmonaire : c'est ce que HELLEMS, DEXTER et leurs collaborateurs [28] ont récemment montré, donnant à ces tracés de pression le nom de tracé « capillaire » pulmonaire, car ils représentent la pression sanguine de l'extrémité capillaire de l'arbre pulmonaire.

LAGERLÖF et WERKÖ [29] utilisant la technique de DEXTER, ont étudié, plus récemment encore, les variations morphologiques et numériques des pressions capillaires chez l'homme, à l'état pathologique : dans divers troubles du rythme, dans le rétrécissement mitral et dans l'insuffisance mitrale.

En 1950, DEXTER et ses collaborateurs [26], reprenant une étude d'ensemble de l'hémodynamique pulmonaire, ont comparé les pressions capillaires et artérielles pulmonaires chez des individus normaux et dans différentes cardiopathies : ils ont montré, en particulier, qu'il existait une relation entre l'hypertension pul-

monaire et l'hypertension « capillaire », relation telle que lorsque la pression capillaire s'élève au-dessus de 25 mm. de Hg. le « gradient » de pression : artère pulmonaire-« capillaire » pulmonaire augmente.

Ce sont là les travaux qui ont servi de base à l'étude des pressions « capillaires » pulmonaires.

D'autre part, il serait important de pouvoir déterminer avec exactitude chez l'homme la valeur de la pression veineuse pulmonaire; il est, en effet, possible qu'une élévation de cette pression joue un rôle essentiel dans la production de l'œdème pulmonaire. En outre, le calcul exact de la résistance du lit vasculaire pulmonaire n'est possible que si le « gradient » de pression : artère pulmonaire-veine pulmonaire est connu. Or, la pression veineuse pulmonaire ne peut être directement déterminée chez l'homme par cathétérisme veineux du cœur. Il faut donc essayer de la déterminer indirectement : la comparaison des pressions capillaire, veineuse, artérielle pulmonaires et auriculaire gauche, enregistrées dans des cas de communication interauriculaire, est un des moyens d'aborder ce problème.

Enfin, la manière dont nous avons essayé d'étudier cette question, nous a conduit à établir une comparaison entre les pressions auriculaire gauche et auriculaire droite : Cournand et ses collaborateurs [30] ont établi cette comparaison dans trois cas de communication interauriculaire; ils ont mis en évidence l'existence d'un « gradient » de 2 mm. de Hg., entre les pressions auriculaire gauche et auriculaire droite et ont publié des tracés de pression qu'ils considèrent comme typiques. Opdyke et ses collaborateurs [31], poursuivant une étude expérimentale sur les chiens anesthésiés, ont étudié les pressions « effectives » auriculaires droite et gauche. La conclusion de ces différents travaux est que la capacité de l'oreillette gauche est inférieure à la capacité de l'oreillette droite, que la pression auriculaire gauche est supérieure à la pression auriculaire droite et que par voie de conséquence, les shunts interauriculaires sont, en général, dirigés de la gauche vers la droite. Ce dernier problème, pour ne pas avoir de grosses incidences en pratique, reste important sur le plan physiologique; il nous a donc paru intéressant d'apporter à sa solution la contribution de neuf cas de communication interauriculaire, où le cathé-

térisme veineux du cœur nous a permis d'enregistrer les deux pressions auriculaires.

Nous allons synthétiser, en quelques lignes, la méthode de travail que nous avons suivie, avant de présenter nos résultats et nos conclusions.

MÉTHODES

Nous présentons les résultats physiologiques fournis par le cathétérisme veineux du cœur chez neuf malades, d'âge compris entre 2 et 32 ans, présentant une communication interauriculaire. Chez deux d'entre eux (K. N. et E. T.) la communication interauriculaire était la seule malformation congénitale; dans trois cas (MEL., A. J. et J. L.) il y avait, associée au défaut septal, une sténose pulmonaire valvulaire. Les deux malades suivants (K. C. et V. B.) présentaient un syndrome de LUTENBACHER, soit l'association d'un rétrécissement mitral et d'une communication interauriculaire. Chez le huitième malade (J. D.) existait une atrésie tricuspidienne, chez le neuvième (E. G.) une transposition de l'aorte avec artère pulmonaire à cheval sur les deux ventricules [32]. Aucun de ces malades ne présentait d'insuffisance cardiaque.

La technique du cathétérisme veineux du cœur utilisée chez ces malades est celle que nous avons déjà longuement exposée.

Les pressions intracardiaques ont été recueillies à l'aide de « strain gauges » et de galvanomètres HATHAWAY et enregistrées optiquement. L'enregistrement des pressions « capillaires » a été réalisé selon la méthode de HELLEMS et DEXTER; nous avons exigé les critères suivants :

1° Les pressions obtenues à partir d'une branche terminale de l'artère pulmonaire obstruée par le cathéter doivent être nettement inférieures à celles obtenues directement à partir de l'artère pulmonaire;

2° Sur le tracé de pression enregistré pendant le retrait progressif de l'extrémité distale du cathéter de la zone capillaire à l'artère pulmonaire principale, doit exister une élévation brutale de pression au moment où est abandonnée la zone capillaire;

3° Les variations selon le cycle respiratoire de la pression sanguine sont beaucoup plus nettes sur les tracés capillaires que sur les tracés artériels pulmonaires.

Notre installation technique ne nous a pas permis d'enregistrer simultanément électrocadiogramme et plusieurs tracés de pression; chaque tracé de pression est présenté isolément; néanmoins, les pressions veineuse pulmonaire, auriculaire gauche et auriculaire droite ont toujours été enregistrées à quelques secondes d'intervalle les unes des autres, par retrait progressif du cathéter de la veine pulmonaire à l'oreillette droite, sans que l'on puisse noter de changements appréciables dans l'état métabolique du malade. En outre, les courbes de pression auriculaire gauche et droite présentent des accidents caractéristiques manifestement synchrones : nous avons pu, dès lors, superposer ces courbes. Voici comment : les tracés auriculaire gauche et auriculaire droit présentent, en général des accidents synchrones répondant à une phase définie du cycle cardiaque; on peut décrire (Fig. 6 et 7) :

— Un segment AB, flèche présystolique;
— Un segment BC, baisse de pression due à la chute de la base du cœur au moment de la contraction isométrique du ventricule;
— Un segment CD, élévation de pression due au remplissage auriculaire;
— Un segment DA, baisse de pression due au premier remplissage ventriculaire au moment de l'ouverture des valvules auriculo-ventriculaires.

A représente donc le début de la contraction auriculaire.
B son point culminant.
C le début du remplissage auriculaire.
D l'ouverture des valvules auriculo-ventriculaires.

C'est la superposition de ces différents points qui a rendu possible la comparaison des tracés de pression auriculaire gauche et auriculaire droite : cette comparaison, nous l'avons établie par détermination des « gradients » de pression auriculaire gauche et auriculaire droite en chacun des points A, B, C et D, et sur trois cycles cardiaques au moins. Le « gradient » obtenu en un point est dit positif ,si la pression auriculaire gauche mesurée en ce point est supérieure à la pression auriculaire droite, mesurée au point correspondant du cycle auriculaire droit; il est dit néga-

Nom	Age	C.P mm/Hg	V.P mm/Hg	OG mm/Hg	OD mm/Hg	AP mm/Hg	VD mm/Hg	RaP (1)	RPT	Diagnostic
MEL	8	9.5/2 mye 6	I2/8 mye 8,5 (3) I5/II mye I2	9.5/2 mye 6	9/2 mye 4	22/7 mye I2	I30/6	I.7	I.7	Sténose pulmonaire Foramen ovale.
EG	4	mye 8	mye 9	mye 7	mye I0	92/80 mye 84	72/34	26.5	27	Syndrome de TAUSSIG BING
KN	7	I8/6 mye 9	(3) I9/I8 mye I5	I5/7 mye 9	8/0 mye 5	32/I5 mye I9	36/0	1	1	Comm.interauricul.isolée
KC	2	22/6 mye.I4	24/8 mye.I3	I8/6 mye.11	I8/8 mye.I0	54/I6 mye.23	54/I6 mye.36	1	1,5	Syndrome de LUTEMBACHER
ET	I0	22/I5 mye.I9		I9/4 mye.I2	I0/4 mye.7	54/I4 mye.2I	46/0	0.3	I,6	Comm.interauric.isolée
VB.	32	30/I2 mye.I5	2I/5 mye.I2	2I/5 mye.11	23/5 mye.I0	82/I9 mye.43	64/0	4	5	Syndrome deLUTEMBACHER
JD	I3		I5/0 mye.5	I0/0 mye.3	9/4 mye.6					Atrésie Tricuspidienne
AJ	7			I6/I0 mye.I0,5	2I/I5 mye.I5.5	25/I6 mye.I9	I60/I6		3.4	Sténose pulmonaire Foramen ovale.
JL	32			22/3 mye.9	22/6 mye.I3		I20/I0			Sténose pulmonaire Comm.interauriculaire.

C.P = cap. pulmonaire
V.P = veine pulmonaire
(1) RAP = Résistance artérielaire pulmonaire
(2) RPT = " pulmonaire totale
(3) Veine pulmonaire obstruée.

TABLEAU I

		CP mm/Hg	VP mm/Hg	OG mm/Hg	OD mm/Hg
Pressions moyennee	de .... à	6 - I9	8.5 - I5	6-I2	4 - I5.5
	valeur mye	I2	II.5	9.5	9.4
Pressions Max	de ....à	9.5-30	I3 - 24	9.5-2I	8 - 23
	valeur mye.	I9	I9	I6.5	I4.6
Pressions Min.	de ... à	2 - I5	5 - I3	2 -7	0 - I5
	valeur mye.	8	8.5	4.7	6.4

TABLEAU II

tif si la pression auriculaire droite est supérieure à la pression auriculaire gauche.

Les chiffres de pression sont exprimés en millimètres de mercure : la pression moyenne est calculée, sur trois cycles cardiaques au moins, par mesure planimétrique de la surface comprise entre la ligne de niveau zéro et la courbe de pression. Puisque nous n'avons pu enregistrer les pressions intrathoraciques, nos chiffres de pression ne représentent pas les pressions « effectives ».

Avant d'exposer les résultats que nous avons obtenus, il est bon de préciser que le travail que nous présentons n'est pas un travail expérimental : les courbes de pression ont été enregistrées chez des malades souvent graves, à cœur presque toujours rapide, au cours d'un cathétérisme fait dans un but diagnostique ou préopératoire et non dans un but de recherches. C'est pourquoi il n'a pas la rigueur que l'on est en droit d'exiger d'un travail expérimental.

RÉSULTATS

Sont envisagées sucessivement la morphologie comparée des pressions « capillaire » pulmonaire, artérielle pulmonaire, et auriculaire gauche, puis la morphologie comparée des pressions auriculaires gauche et droite, enfin les valeurs comparées de ces différentes pressions.

Une comparaison morphologique des tracés de pression capillaire pulmonaire, artérielle pulmonaire et auriculaire gauche est hasardeuse à établir : en effet, les tracés capillaires sont souvent d'interprétation difficile en raison de l'importance toute particulière des variations respiratoires qui modifient la morphologie de la courbe en créant de nombreux artefacts; en raison aussi de l'amortissement possible des pressions par obstruction du bout du cathéter.

La morphologie des pressions « capillaires » pulmonaires varie d'un malade à l'autre et le repérage d'accidents caractéristiques communs à toutes les courbes n'est guère possible, tout au moins sur nos tracés. Néanmoins, d'une analyse minutieuse, on peut tirer les conclusions suivantes :

— Les courbes de pression « capillaire » pulmonaire et artérielle pulmonaire ne se ressemblent pas. Ceci est conforme à l'opinion des autres auteurs;

— Pas davantage il n'y a de ressemblance entre la configuration des pressions « capillaire » pulmonaire et auriculaire gauche;

— Dans un cas seulement (E. T.) le tracé de pression « capillaire » présente une forme nettement définie; la figure [5] en montre les différents accidents :

— Une onde monophasique positive dont le plateau encoché est suivi par un segment rapidement descendant;

— Une élévation lente de la pression sanguine, suivie par une chute plus rapide qui précède de peu l'onde monophasique positive du cycle suivant.

Ce tracé, enregistré chez un malade de dix ans *qui présente une communication interauriculaire isolée* avec hypertension pulmonaire modérée (34/14 mm. Hg., pression moyenne 21 mm. Hg.), est assez semblable à un tracé auriculaire droit. Nous n'avons retrouvé une telle ressemblance sur aucun autre tracé, contrairement à LAGERLÖF et WERKÖ [29] qui la retrouvent très souvent et qui en font une des caractéristiques morphologiques les plus constantes de la pression « capillaire » pulmonaire.

Si l'analyse morphologique des courbes de pression « capillaire » pulmonaire est difficile, par contre, l'*interprétation des courbes auriculaire gauche et auriculaire droite*, à contours mieux définis, est simple.

Les tracés auriculaires gauches, que nous avons enregistrés, présentent les caractéristiques essentielles que COURNAND et ses collaborateurs [30] ont décrites. Sur la figure [6] apparaissent les accidents suivants :

— Une flèche présystolique aiguë;

— Une chute de pression abrupte, due à la contraction isométrique du ventricule;

— Une élévation de pression, lente, pendant la diastole auriculaire;

— Une chute de pression plus rapide, pendant le remplissage ventriculaire.

Les tracés auriculaires gauches, que nous avons pu enregistrer, diffèrent tous des tracés auriculaires droits.

— La flèche présystolique est plus aiguë;
— La chute de pression due à la contraction isométrique du ventricule (BC) est plus marquée et se termine en C par un fossé systolique profond;
— L'élévation de pression due au remplissage ventriculaire est plus rapide.

Il convient de signaler une particularité commune à deux tracés de pression auriculaire gauche (A. J., J. D.) : le fossé systolique C est peu accentué, donnant au sommet B une allure moins aiguë; l'accident D (ouverture de la mitrale) est haut situé dans la diastole, à un niveau à peine inférieur à l'accident B, sommet de la contraction auriculaire. La courbe de pression prend une silhouette particulière à deux bosses : l'une présystolique, l'autre diastolique plus étalée. Ces deux tracés ont été enregistrés au cours du cathétérisme veineux chez des malades *présentant un shunt volumineux, dirigé de la droite vers la gauche.*

Pour être complète la confrontation des pressions aux deux pôles artériel et veineux de la petite circulation et la comparaison des pressions auriculaire gauche et auriculaire droite, doivent porter non seulement sur la morphologie des courbes mais aussi sur leur hauteur pendant la systole et pendant la diastole. Dans la table [1] sont exprimées les valeurs des pressions « capillaire », veineuse et artérielle pulmonaire, auriculaire gauche et auriculaire droite.

1. Dans les six cas où nous avons pu enregistrer la pression capillaire pulmonaire, nous avons noté les résultats suivants :

— La pression moyenne « capillaire » pulmonaire varie de 6 à 19 mm. de Hg. avec une valeur moyenne de 12 mm. de Hg.;
— La pression maximum varie de 9,5 à 30 mm. de Hg. avec une valeur moyenne de 19 mm. de Hg.;
— La pression minimum varie de 2 à 15 mm. de Hg. avec une valeur moyenne de 8 mm. de Hg.

2. Chez quatre malades (MEL., E. G., K. C., et V. B.) les pressions veineuses pulmonaires ont été enregistrées, *le bout du cathéter flottant librement dans la lumière du vaisseau.*

Chez MEL., il a été possible d'enregistrer aussi les pressions veineuses pulmonaires suivant la technique proposée par DEXTER, *c'est-à-dire le bout du cathéter bloqué dans une branche d'une veine pulmonaire et obstruant complètement la lumière du vaisseau.* Chez un autre malade (K. N.) cette dernière technique a été seule utilisée.

Les tables I et II montrent les résultats suivants :

— La pression moyenne veineuse pulmonaire varie de 8,5 à 15 mm. de Hg. avec une valeur moyenne de 11,5 mm. de Hg.;
— La pression maximum varie de 13 à 24 mm. de Hg. avec une valeur moyenne de 19 mm. de Hg.;
— La pression minimum varie de 5 à 13 mm. de Hg. avec une valeur moyenne de 8,5 mm. de Hg.

Lorsque le cathéter obstrue la lumière du vaisseau, la pression moyenne passe de 8,5 mm. de Hg., chiffre obtenu lorsque le vaisseau n'est pas obstrué, à 12 mm. de Hg.; la pression maximum monte de 13 à 18 mm. de Hg., la pression minima de 8 à 11 mm. de Hg.

Ainsi l'obstruction de la veine pulmonaire par le cathéter aboutit à une élévation de 4,5 mm. de Hg. du « gradient » de pression veineuse pulmonaire, « capillaire » pulmonaire. HELLEMS et DEXTER ont obtenu des résultats superposables chez le chien anesthésié.

Enfin, chez un malade (K. N.) la pression moyenne de la veine pulmonaire obstruée est de 15 mm. de Hg. avec une pression maximum de 19 mm. de Hg. et minimum de 13 mm. de Hg.

3. Sur la table II figurent les valeurs des pressions auriculaire gauche et auriculaire droite.

On peut voir que :

— La pression moyenne auriculaire gauche varie de 6 à 12 mm. de Hg. avec une valeur moyenne de 9,5;
— La pression maximum notée au sommet de la flèche présystolique (point B) varie de 9,5 à 21 mm. de Hg. avec une valeur moyenne de 16,5;
— La pression minimum mesurée au fond du fossé systolique (point C) varie de 2 à 7 mm. de Hg. avec une valeur moyenne de 5 mm. de Hg.;

— La pression moyenne auriculaire droite varie de 4 à 15,5 mm. de Hg. avec une valeur moyenne de 9,4;
— La pression maximum, mesurée en B varie de 8 à 23 mm. de Hg. avec une valeur moyenne de 14;
— La pression minimum, noté en C, varie de 0 à 15 mm. de Hg. avec une valeur moyenne de 6,4.

On doit souligner que les trois malades chez lesquels la pression auriculaire droite est supérieure à la pression auriculaire gauche présentent soit une sténose pulmonaire, soit une atrésie tricuspidienne (A. J., J. L., J. D.).

Tel est l'exposé des résultats obtenus chez les neuf malades où le cathétérisme veineux du cœur a révélé l'existence d'une communication interauriculaire isolée ou associée. Nous nous proposons de discuter point par point ces résultats.

DISCUSSION

L'analyse morphologique des courbes est extrèmement délicate et particulièrement l'interprétation des pressions « capillaires » pulmonaires. Les chiffres des pressions sanguines sont beaucoup plus évocateurs.

Que nous apporte l'étude morphologique des tracés de pression ?

1° Une première constatation s'impose : il ne nous est pas possible de définir, même grossièrement, le contour des courbes de pression « capillaire » pulmonaire. Ils n'ont aucune constante morphologique; les tracés sont affectés par des artefacts, conséquence de variations respiratoires particulièrement amples, conséquence aussi du retrait du cathéter d'une zone « capillaire » où il est bloqué vers une zone artérielle où il flotte librement, conséquence enfin de l'obstruction du bout du cathéter par la paroi d'une branche terminale de l'artère pulmonaire.

Tout au plus peut-on dire que les tracés « capillaires » présentent une onde positive de remplissage, d'amplitude et de forme variable et dont le sommet peut être étalé en dôme (K. C., K. N.), en plateau encoché (E. T.), brève et aiguë (V. B. et MEL.).

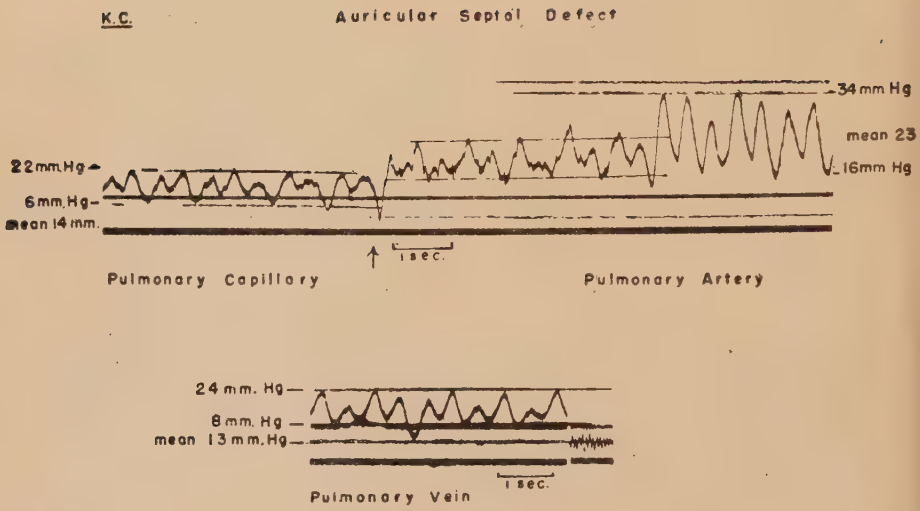

FIG. 2. — *Légende :* Communication interauriculaire.
Mean : Pression moyenne.
Pulmonary Capillary : Capillaire pulmonaire.
» Artery : Artère pulmonaire.
» Vein : Veine pulmonaire.

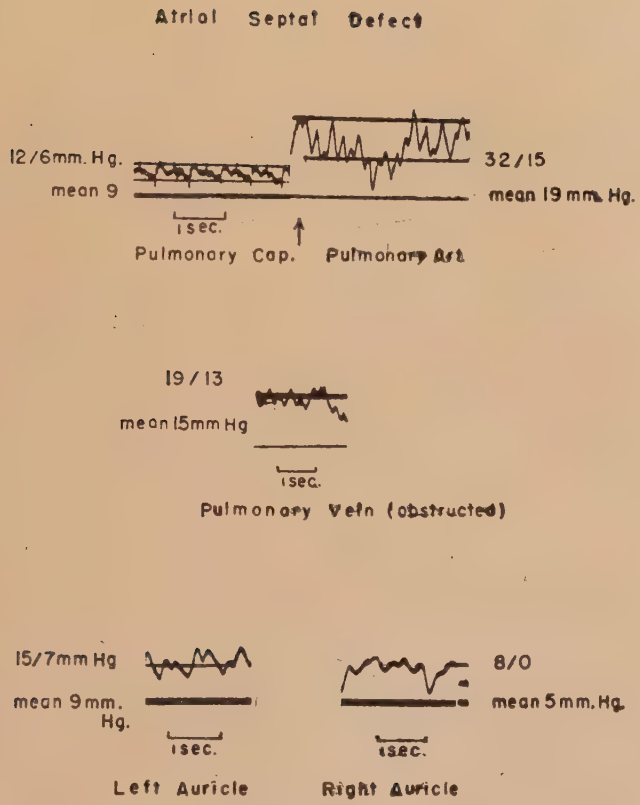

Fig. 3. — *Légende :* Communication interauriculaire.

Mean : Pression moyenne.
Pulmonary Cap. : Capillaire pulmonaire.
» Art. : Artère pulmonaire.
» Vein (obstructed) : Veine pulmonaire (obstruée).
Left Auricle : Oreillette gauche.
Right Auricle : Oreillette droite.

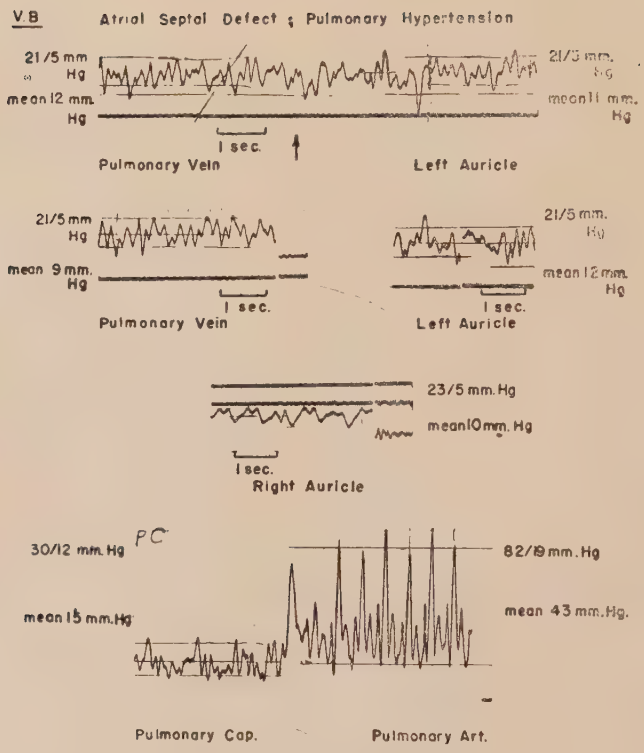

FIG. 4. — *Légende :* Communication interauriculaire; Hypertension pulmonaire.

Mean : Pression moyenne.
Pulmonary Vein : Veine pulmonaire.
» Cap. : Capillaire pulmonaire.
» Art. : Artère pulmonaire.
Left Auricle : Oreillette gauche.
Right Auricle : Oreillette droite.

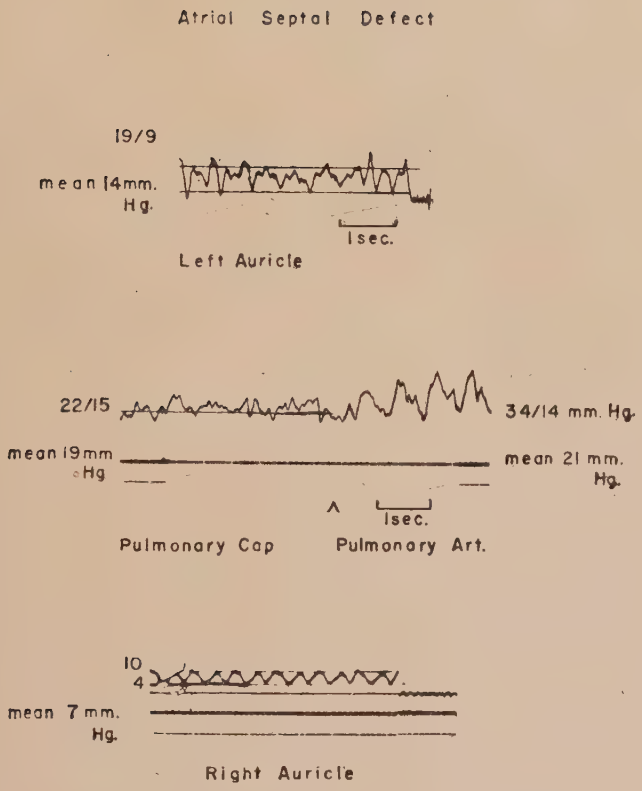

FIG. 5. — *Légende :* Communication interauriculaire.

Mean : Pression moyenne.
Left Auricle : Oreillette gauche.
Pulmonary Cap. : Capillaire pulmonaire.
» Art. : Artère pulmonaire.
Right Auricle : Oreillette droite.

On peut se demander si les conditions hémodynamiques propres à chacune des cardiopathies congénitales étudiées ne sont pas à l'origine des variations morphologiques des tracés « capillaires » pulmonaires; c'est peu probable : en effet, deux malades (K. N. et E. T.) présentent une communication interauriculaire, avec un shunt important dirigé de gauche à droite : leurs tracés « capillaires » sont différents bien que la hauteur et la forme des tracés artériels pulmonaires soient tout à fait comparables.

Pas davantage ne peuvent être rapprochés les tracés « capillaires » des deux autres malades (V. B. et K. C.) qui présentent pourtant la même cardiopathie congénitale (syndrome de LUTEMBACHER), donc des conditions hémodynamiques voisines (Fig. 2 à 5).

Enfin il n'apparaît pas non plus que la forme du tracé « capillaire » soit influencée (aux différences d'amplitude près) par la hauteur de la pression « capillaire » :

MEL, E. G. et K. N. ont une pression « capillaire » moyenne normale : il n'y a pas de ressemblance morphologique entre leurs trois tracés.

K. C., E. T. et V. B. ont une hypertension « capillaire » pulmonaire modérée (respectivement 14, 19 et 15 mm. de Hg.) et leurs trois tracés « capillaires » sont très différents.

Il semble donc que les variations morphologiques des tracés de pression « capillaire » pulmonaire soient la conséquence d'artefacts, de variations de profondeur et de vitesse des mouvements respiratoires, de l'obstruction du bout du cathéter.

S'il est pratiquement impossible sur nos tracés de définir à la pression « capillaire » pulmonaire une forme qui lui soit propre, par contre apparaissent clairement les trois faits suivants :

— Tout d'abord, la morphologie des tracés « capillaires » est tout à fait différente de celle, bien définie, des tracés artériels pulmonaires, enregistrés directement. Ceci est en plein accord avec les constatations de DEXTER [26] et de LAGERLÖF [29].

La différence de morphologie apparaît très nettement lorsque la pression est enregistrée d'une façon continue pendant le retrait du cathéter de la zone « capillaire » pulmonaire vers l'artère pulmonaire;

— Ensuite, le tracé capillaire ne rappelle, en aucun cas, la silhouette caractéristique de la pression auriculaire gauche;

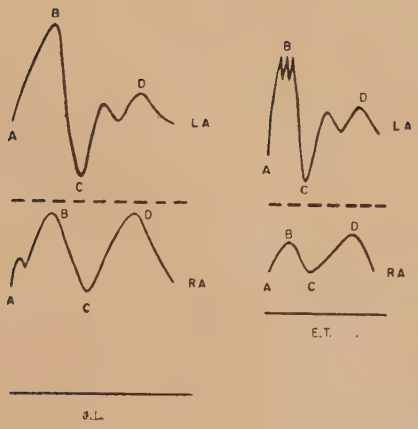

FIG. 6.

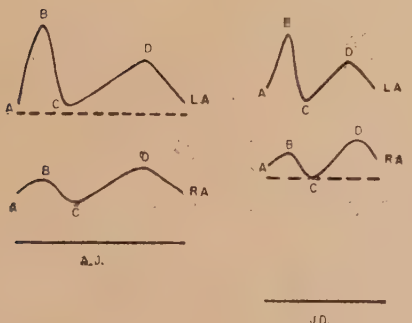

FIG. 7.

Base line of $^{L}/_{L}$

Base line of $^{R}/_{L}$

Légende : LA : Oreillette gauche; RA : Oreillette droite; Base line : Ligne de référence.

— Enfin, dans un cas seulement (E. T.), le tracé « capillaire » rappelle un tracé auriculaire droit avec onde monophasique positive à plateau encoché, terminée par une chute abrupte de pression qui aboutit à un fossé profond, suivi d'une élévation lente et progressive de pression jusqu'au début du cycle suivant.

C'est le seul cas où nous ayions pu retrouver les conclusions de LAGERLÖF et WERKÖ, qui assimilent les tracés « capillaires » pulmonaires aux tracés auriculaires droits.

2° Les tracés de pression auriculaire gauche s'individualisent nettement. Les figures 6 et 7 montrent les différences qui existent entre les tracés auriculaire gauche et auriculaire droit:

— Une flèche présystolique plus aiguë;
— Une chute protosystolique plus rapide aboutissant à un fossé systolique profond;
— Une élévation diastolique plus rapide.

Par ailleurs, la forme de ces tracés auriculaires gauches est influencée, semble-t-il, par la malformation congénitale en cause: ainsi deux malades (A. J. et J. D.) présentent un très important shunt dirigé de la droite vers la gauche : dans les deux cas, les segments du tracé qui représentent les remplissages auriculaire et ventriculaire sont moins accidentés et le point D qui marque l'ouverture de la mitrale est à un niveau à peine inférieur au niveau du point B, sommet de la flèche présystolique (Fig. 7).

3° Quant aux tracés auriculaires droits, enregistrés chez les neuf malades étudiés, ils présentent les caractéristiques habituelles des tracés auriculaires droits décrits par les autres auteurs [19-30].

Ainsi la confrontation morphologique des différents tracés nous amène aux conclusions suivantes :

1. Les tracés « capillaires » pulmonaires n'ont pas de morphologie propre, ne ressemblent ni aux tracés auriculaires gauches, ni aux tracés artériels pulmonaires. Dans un seul cas, leur morphologie est assez comparable à celle d'un tracé auriculaire droit.
Ni les conditions hémodynamiques particulières à chaque cardiopathie, ni la hauteur de la pression « capillaire » ne semblent influencer la forme du tracé;
2. Les tracés auriculaire gauche et auriculaire droit, par contre, ont une silhouette très caractéristique, modifiée, semble-t-il, par

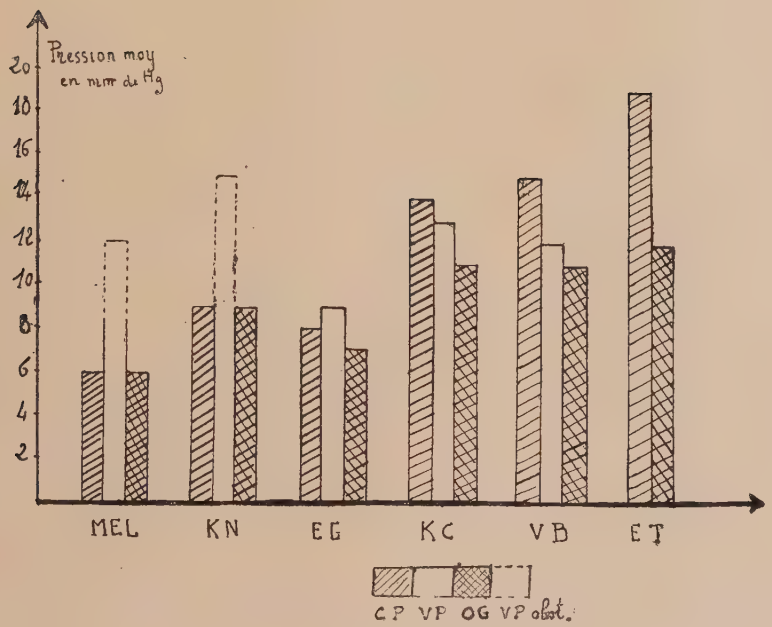
Pression moy
en mm de Hg
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
MEL
KN
EG
KC
VB
ET
CP VP OG VP obt.

FIG. 8.

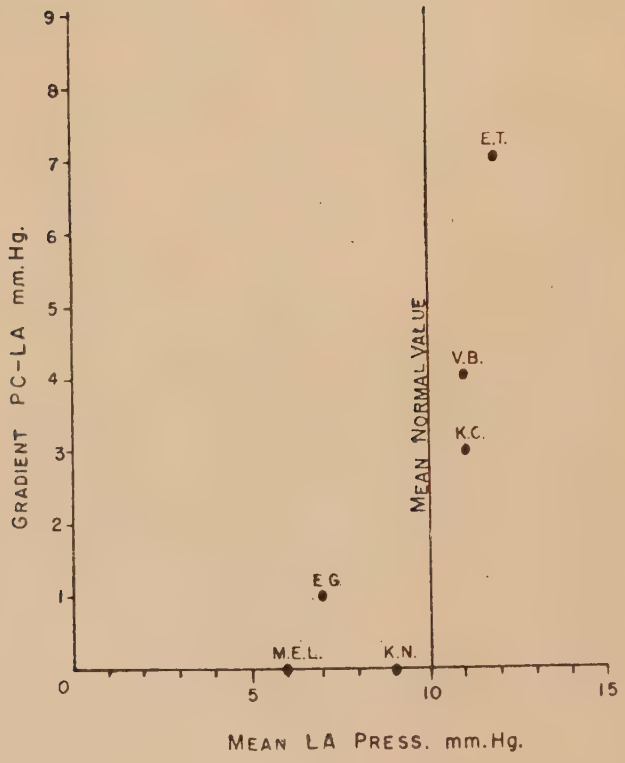

FIG. 9.

Légende : Gradient PC-LA : Gradient de pression cap. pulm. O. G.
Mean LA Press. : Pression moyenne O. G.
Mean Normal Value : Valeur moyenne normale.

les conditions hémodynamiques de la cardiopathie congénitale en cause.

L'analyse des chiffres de pression sanguine paraît être beaucoup plus riche d'enseignements. Nous comparerons successivement les chiffres de pression auriculaire gauche et veineuse pulmonaire auriculaire gauche et capillaire pulmonaire, veineuse pulmonaire et « capillaire » pulmonaire, « capillaire » pulmonaire et artérielle pulmonaire enfin.

1. Comparons d'abord les pressions auriculaire gauche et veineuse pulmonaire. La lecture de la table II nous montre nettement que la valeur moyenne des pressions veineuses pulmonaires est analogue à la valeur moyenne des pressions capillaires *et supérieure d'environ* 2,5 *mm. de Hg. à la valeur moyenne des pressions auriculaires gauches.*

En fait l'analyse de chaque cas est plus instructive (Fig. 8) :

— Chez quatre malades (MEL., E. G., K. C. et V. B.), les pressions moyennes veineuses pulmonaires sont respectivement de 2,5, 2, 2 et 1 mm. de Hg. supérieures aux pressions moyennes auriculaires gauches correspondantes. Chez ces malades, l'enregistrement des pressions veineuses pulmonaires avait été réalisé avec cathéter flottant librement dans la lumière du vaisseau.

Ces « gradients » de pression V. P.-O. G., compris entre 1 et 2,5 mm. de Hg. sont du même ordre que ceux, calculés par COURNAND, chez trois malades présentant une communication interauriculaire [30].

Mais lorsque le cathéter obstrue la veine pulmonaire (MEL. et K. N.), la pression moyenne veineuse pulmonaire est de 6 mm. de Hg. supérieure à la pression moyenne auriculaire gauche.

Il existe donc constamment un « gradient » de pression veine pulmonaire-oreillette gauche, « gradient » qui semble augmenter lorsque les pressions veineuses pulmonaires s'élèvent au-dessus de 10 mm. de Hg.

2. *Pressions auriculaire gauche et « capillaire » pulmonaire.*

Il existe une relation directe entre la hauteur des pressions « capillaires » pulmonaires et auriculaire gauche : cette relation apparaît clairement sur la figure 9.

— Chez les trois malades dont la pression moyenne auriculaire

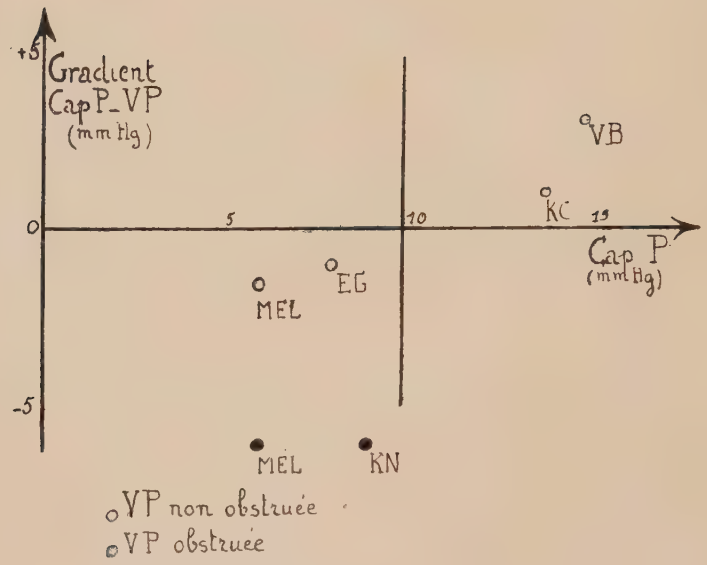

FIG. 10.

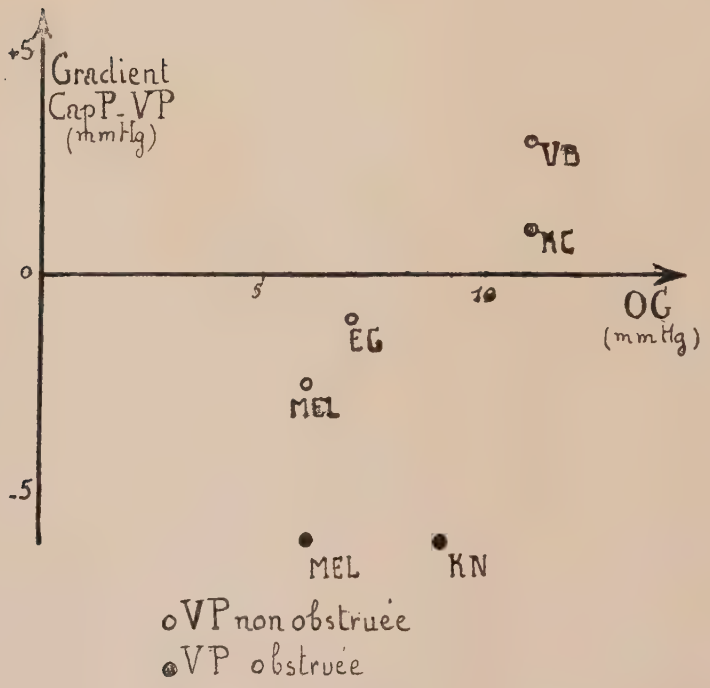

FIG. 10 *a*.

gauche est inférieure à 10 mm. de Hg. (MEL., E. G. et K. N.), pression moyenne auriculaire gauche et pression moyenne « capillaire » pulmonaire sont égales.

Chez les trois autres malades (K. C., V. B. et E. T.), la pression moyenne auriculaire gauche est supérieure à 10 mm. de Hg. :

L'égalité des pressions « capillaire » pulmonaire et auriculaire gauche cesse d'exister et apparaît un « gradient » de pressions de 3,4 et 7 mm. de Hg. Le « gradient » croît rapidement.

3. *Pressions « capillaire » pulmonaire et veineuse pulmonaire:*

les relations qui unissent pression « capillaire » pulmonaire et pression veineuse pulmonaire sont illustrées par les figures 10 et 10 a.

Chez deux malades (MEL. et K. N.) la pression moyenne veineuse pulmonaire (veine pulmonaire obstruée) est de 6 mm. de Hg. supérieure à la pression moyenne « capillaire » pulmonaire. Un résultat identique a été enregistré chez le chien anesthésié, par HELLEMS, DEXTER et leurs collaborateurs qui estiment que la véritable pression « capillaire » pulmonaire n'est pas la pression « capillaire » enregistrée selon leur propre technique, mais lui est supérieure d'environ 2 mm. de Hg. Selon ces auteurs, on peut avoir une idée exacte de la « véritable » pression « capillaire » pulmonaire soit en ajoutant 2 mm. de Hg. à la valeur de la pression « capillaire » enregistrée, soit en soustrayant 2 mm. de Hg. de la valeur de la pression veineuse pulmonaire (veine pulmonaire obstruée). Il existerait donc un « gradient » de pression veine pulmonaire-« capillaire » pulmonaire de l'ordre de 4 mm. de Hg., résultat tout à fait comparable à celui que nous avons trouvé.

Deuxième fait important : si la veine pulmonaire n'est pas obstruée par le bout du cathéter et si la pression auriculaire gauche est inférieure à 10 mm. de Hg. il existe entre capillaire pulmonaire et veine pulmonaire un « gradient » de pression peu important, de 1,5 mm. de Hg. (MEL., E. G., fig. 10 et 10 a). Au contraire, lorsque la pression auriculaire gauche dépasse 10 mm. de Hg. la pression veineuse pulmonaire augmente proportionnellement, la pression capillaire pulmonaire d'une manière dispro-

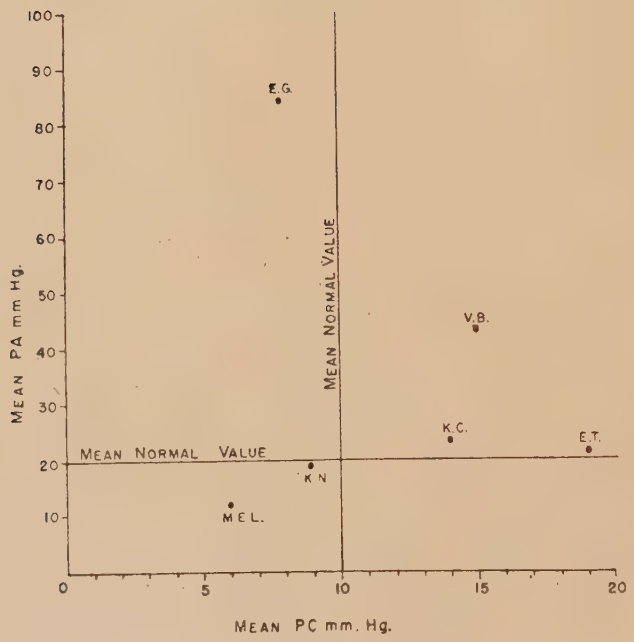

FIG. 11.

Légende : Mean PA : Pression moyenne artère pulmonaire.
Mean PC : Pression moyenne capillaire pulmonaire.
Mean Normal Value : Valeur moyenne normale.

portionnelle, de telle sorte que le « gradient » de pression « capillaire » pulmonaire-veine pulmonaire augmente rapidement.

Les raisons de cette augmentation rapide du « gradient » de pression « capillaire » pulmonaire-veine pulmonaire, pour des pressions auriculaires gauches supérieures à 10 mm. de Hg., ne sont pas claires : il est possible qu'une élévation de pression veineuse pulmonaire soit acompagnée d'une vaso-constriction secondaire au niveau des veinules pulmonaires et donc d'une augmentation du gradient « capillaire » pulmonaire-veine pulmonaire. Des recherches expérimentales de DEXTER [33] et de BING [34] montrent qu'on peut obtenir une élévation de la pression moyenne « capillaire » pulmonaire par injection de poudre de lycopode dans les vaisseaux pulmonaires.

Tout ceci tend à prouver que la pression « capillaire » pulmonaire représente, d'une manière assez exacte, la pression auriculaire gauche quand celle-ci est inférieure à 10 mm. de Hg., mais que ceci cesse d'être vrai quand la pression auriculaire gauche dépasse 10 mm. de Hg. Il semble donc illusoire, dans les cas pathologiques susceptibles d'élever la pression auriculaire gauche (retrécissement mitral), d'utiliser la pression « capillaire » pulmomonaire (facile à déterminer), comme mesure même approximative de la pression auriculaire gauche (impossible à enregistrer par cathétérisme veineux du cœur).

4. Nous allons envisager maintenant les rapports qui unissent pression « capillaire » pulmonaire et pression artérielle pulmonaire. La figure II montre *qu'il n'existe pas de relation constante entre les pressions « capillaire » et artérielle pulmonaires :* chez deux malades (K. C. et E. T.) la pression artérielle pulmonaire est normale; il existe néanmoins une hypertension « capillaire ». Le malade (E. G.) présente une hypertension artérielle pulmonaire élevée (pression moyenne : 84 mm. de Hg.) : néanmoins la pression moyenne capillaire pulmonaire est normale (8 mm. de Hg.).

Enfin, trois malades (K. C., V. B. et E. T.) présentent une hypertension « capillaire » (fig. II) : chez deux d'entre eux (K. C. et E. T.) la pression artérielle pulmonaire est dans les limites normales, alors que chez le troisième elle est très élevée (82/19 mm. de Hg.).

Ainsi on peut conclure qu'il n'existe pas de relation directe

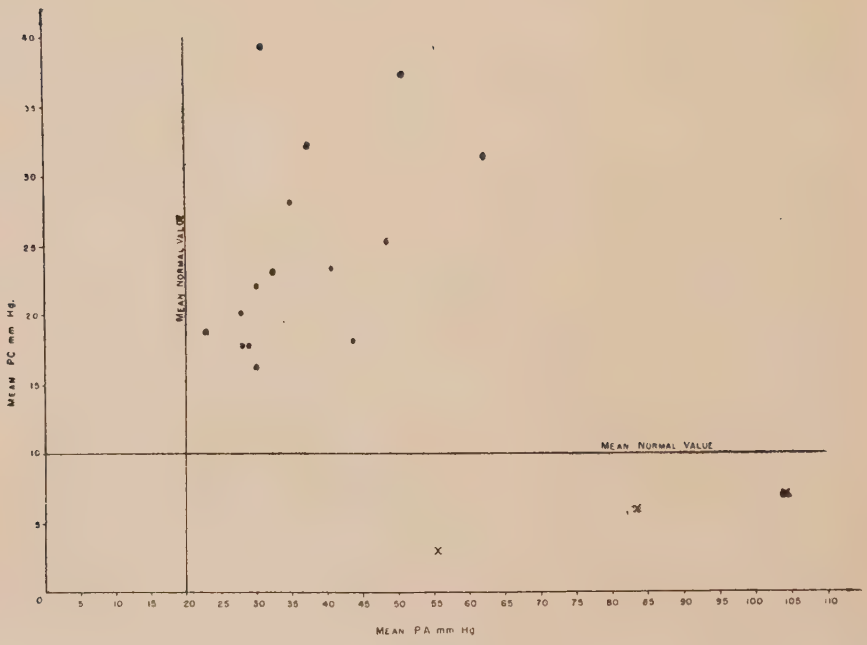

FIG. 12.

Légende : Mean PC : Pression moyenne capillaire pulmonaire.
Mean LA : Pression moyenne.
Mean PA : Artère pulmonaire.
Mean Normal Value : Valeur moyenne normale.
● : Mitralite.
× : c. d'Eisenmenger et syndrome de Taussig-Bing.

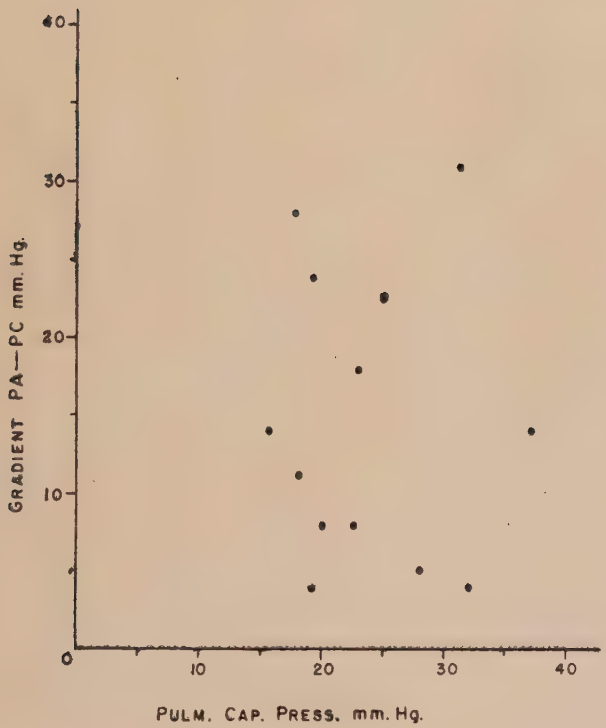

FIG. 12 *a*.

Légende : Gradient PA-PC : Gradient de pression art. pulm.-cap. pulm. Pulm. Cap. Press. : Pression capillaire pulmonaire.

constante entre pressions « capillaire » et artérielle pulmonaires.

Cette absence de parallélisme rigoureux est un fait important : il existe des hypertensions « capillaires » sans hypertension artérielle pulmonaire (tout au moins pendant un certain temps), des hypertensions artérielles pulmonaires sans hypertension « capillaire », des hypertensions « capillaires » avec hypertension artérielle pulmonaire. Ces différents cadres répondent à des faits physiopathologiques différents : il est donc possible de différencier, en pratique, les hypertensions pulmonaires conséquence d'une altération anatomique du lit vasculaire pulmonaire, des hypertensions pulmonaires dues, tout au moins en partie, à l'élévation de la pression auriculaire gauche par stase rétrograde :

La figure 12 montre que chez deux malades présentant un complexe d'EISENMENGER et chez un malade présentant un syndrome de TAUSSIG-BING [32] (transposition de l'aorte avec artère pulmonaire à cheval sur les deux ventricules), la pression « capillaire » pulmonaire est normale, malgré une élévation considérable de la pression artérielle pulmonaire. Par contre, chez quinze malades atteints de sténose mitrale avec hypertension artérielle pulmonaire, les pressions moyennes « capillaires » pulmonaires sont élevées, variant de 16 à 38 mm. de Hg., avec une valeur moyenne de 25 mm. de Hg.

Ainsi, dans les cas d'hypertension pulmonaire primitive, où le lit vasculaire pulmonaire est primitivement touché et dans les cas où l'hypertension pulmonaire accompagne une élévation du débit pulmonaire due à un gros shunt dirigé de la gauche vers la droite, la pression « capillaire » pulmonaire est normale. Au contraire, la pression « capillaire » pulmonaire est élevée, dans les hypertensions pulmonaires dues, tout au moins en partie, à une élévation de pression auriculaire gauche (mitralites).

La figure (12 a) révèle un autre fait intéressant : chez les mitraux étudiés, le « gradient » de pression artère pulmonaire-« capillaire » pulmonaire ne dépend pas du chiffre qui mesure la pression « capillaire ». DEXTER, dans un article récent [26], trouve que si la pression « capillaire » pulmonaire s'élève au-dessus de 20 mm. de Hg., la pression artérielle s'accroît disproportionnellement, donc le « gradient » de pression artère pulmonaire-

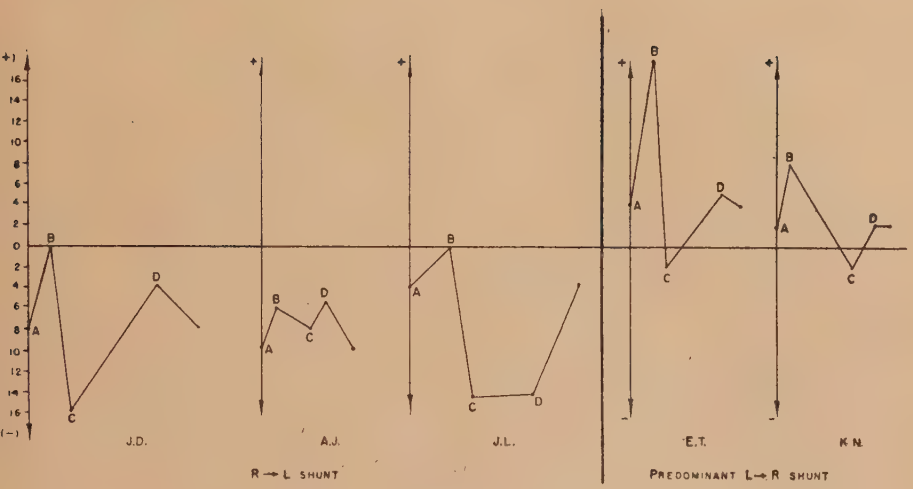

FIG. 13.

Légende : Positive Gradient : Gradient de pression positif.
Negative Gradient : Gradient de pression négatif.
R → L Shunt : Shunt D → G.
Predominant L → R Shunt : Shunt prédominant G → D.

« capillaire » pulmonaire augmente. Nos résultats ne concordent pas avec ceux de DEXTER.

5. Il ne nous reste plus à envisager que les rapports qui unissent pression auriculaire gauche et pression auriculaire droite.

Chez cinq malades (MEL., K. N., K. C., E. T. et V. B.) la pression moyenne auriculaire gauche est supérieure à la pression moyenne auriculaire droite, avec un « gradient » de pression variant de 2 à 9 mm. de Hg. Chez quatre de ces malades, existe un « shunt » dirigé de gauche à droite. L'un d'eux (MEL.) présente une sténose pulmonaire avec foramen ovale ouvert et sans shunt intracardiaque.

Chez les quatre derniers malades (E. G., J. D., J. L. et A. J.), la pression moyenne auriculaire droite est supérieure à la pression moyenne auriculaire gauche : existe un « gradient » de pression variant de 2 à 5 mm. de Hg.; trois de ces malades présentent une grosse diminution du débit pulmonaire, due à une sténose pulmonaire ou tricuspidienne, la quatrième, une transposition partielle des gros vaisseaux de la base (syndrome de TAUSSIG-BING).

Pour mieux comparer, à tout instant, les pressions auriculaire gauche et auriculaire droite, nous avons superposé les courbes de pression de cinq malades, selon la technique que nous avons exposée plus haut :

— Trois de ces malades ont un shunt isolé dirigé de droite à gauche (A. J., J. D. et J. L.);

. . Les deux autres un shunt prédominant dirigé de gauche à droite (E. T. et K. N.).

La figure 13 montre nettement que chez les trois malades à shunt isolé dirigé vers la gauche, la pression auriculaire droite est supérieure à la pression auriculaire gauche, *à chaque instant*. Au contraire, chez les deux derniers malades, à *shunt prédominant* dirigé vers la droite, la pression auriculaire gauche est supérieureà la pression auriculaire droite pendant la *majeure partie du cycle cardiaque*. C'est seulement en C au début du remplissage ventriculaire, que la pression auriculaire droite dépasse la pression auriculaire gauche. Il est possible que, pendant cette courte période du cycle cardiaque, se produise un petit shunt dirigé vers l'oreillette gauche; c'est peut-être là, la raison du petit shunt

dirigé de la droite vers la gauche qui existe chez ces deux malades (590/min./M2 et 710/min./M2).

Tels sont les renseignements que nous avons pu tirer de cette étude comparative des pressions pulmonaires et auriculaires. Nous pouvons résumer cette étude un peu aride de la façon suivante :

1° La morphologie des tracés « capillaires » pulmonaires est mal définie.

Elle ne semble dépendre ni de conditions hémodynamiques particulières, ni de la hauteur de la pression « capillaire » ou pulmonaire.

Ses variations sont avant tout le fait d'artefacts. Elle est très différente de la morphologie des tracés artériels pulmonaires, veineux pulmonaires ou auriculaires gauches.

La ressemblance des tracés « capillaire » pulmonaire et auriculaire droit n'est pas parfaitement établie.

2° Par contre, la morphologie des tracés auriculaire gauche et auriculaire droit est parfaitement définie :

Quatre accidents constants et synchrones peuvent être décrits:

— Une flèche présystolique, plus aiguë à gauche qu'à droite;
— Une chute de pression due à la contraction isométrique du ventricule, plus rapide à gauche qu'à droite;
— Une élévation lente de pression, correspondant au remplissage auriculaire, plus rapide à gauche qu'à droite;
— Une chute de pression due à l'ouverture des valvules auriculo-ventriculaires.

3° Il est important d'essayer de prévoir la pression veineuse pulmonaire.

Les résultats montrent que dans les cas étudiés :

— La pression veineuse pulmonaire est supérieure à la pression auriculaire gauche et leur élévation est parallèle;

— La pression auriculaire gauche et la pression « capillaire » pulmonaire sont à peu près du même ordre de grandeur, quand la pression auriculaire gauche est inférieure à 10 mm. de Hg. Au contraire, lorsque la pression auriculaire gauche est supérieure à 10 mm. de Hg. un « gradient » de pression : « capillaire » pul-

monaire-oreillette gauche apparaît; ce « gradient » tend à augmenter lorsque la pression auriculaire gauche s'élève. Il semble donc illusoire dans les cas d'hypertension auriculaire gauche, d'essayer de prévoir la valeur de la pression auriculaire gauche ou veineuse pulmonaire par la mesure de la pression « capillaire » pulmonaire.

4° La détermination de la pression « capillaire » pulmonaire est des plus importantes dans tous les cas d'hypertension pulmonaire. Dans les mitralites, la pression « capillaire » pulmonaire s'élève la première, la pression artérielle pulmonaire secondairement; nous n'avons pas observé de relation directe entre l'élévation de ces deux pressions.

Dans les hypertensions pulmonaires primitives, la pression « capillaire » est normale;

Dans les trois cas étudiés de cardiopathies congénitales à grosse élévation du débit pulmonaire avec hypertension pulmonaire, nous n'avons pas noté d'élévation de la pression « capillaire » pulmonaire.

5° Enfin, il apparaît clairement, par l'étude des neuf cas de communication interauriculaire présentés, que, si la pression auriculaire droite est supérieure à la pression auriculaire gauche, le « shunt » est dirigé vers la gauche; par contre, si la pression auriculaire gauche est supérieure à la pression auriculaire droite, le « shunt » est dirigé vers la droite. Dans les deux cas où coexiste un petit « shunt » dirigé vers la gauche, la pression auriculaire droite, inférieure à la pression auriculaire gauche pendant la majeure partie du cycle cardiaque, lui devient supérieure à un seul moment de ce cycle (point C).

Il ne semble pas exister de parallélisme entre la valeur du « gradient » et l'importance du « shunt ».

Conclusion Générale

Nous avons surtout tenu à montrer par cette étude d'ensemble que le cathétérisme veineux du cœur est une intervention bénigne, relativement facile et très riche d'enseignements.

En pratique, c'est le moyen le plus sûr de porter le diagnostic exact d'une cardiopathie congénitale et d'en poser les indications opératoires; celles-ci reposent, comme le cathétérisme lui-même, sur une connaissance précise de l'hémodynamique intracardiaque. Pour cette raison le chirurgien cardio-vasculaire ne peut se passer du cathétérisme veineux du cœur.

En outre, comme toute méthode précise d'investigation le cathétérisme veineux du cœur permet de porter des diagnostics que les examens cliniques n'auraient même pas permis d'envisager. Ainsi, contribue-t-elle au progrès de l'interprétation des signes cliniques.

Enfin, méthode physiologique par excellence, elle donne à la physiologie cardiaque des possibilités nouvelles : elle seule permet de mesurer commodément l'efficacité de la fibre cardiaque.

Pour tous ces avantages, le cathétérisme veineux du cœur mérite qu'on lui attribue une place importante en cardiologie.

Vu : *Le Président de thèse :* E. ROQUES.

Vu : *Le Doyen :* LEFEBVRE.

Vu et permis d'imprimer
Toulouse, le 28 décembre 1950

Le Recteur,
Président du Conseil de l'Université :
DOTTIN.

BIBLIOGRAPHIE

1 FORSSMANN (W.) — Die Sondierung des rechten Herzens. *Klin. Wehnschr.* 8 : 2085, 1929.

2 A. COURNAND, H. A. RANGES. — Catheterization of right auricle in man. *Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.* 46 : 462, 1941.

3 DEXTER (L.) et coll. — Venous catheterization as diagnostic aid in patent ductus arteriosus, tetralogy of Fallot, ventricular septal defect, and auricular septal defect. *J. Clin. Investigation* 26 : 561, 1947.

4 BING (R. J.) et coll. — Physiological studies in congenital heart disease ; results of preoperative studies in patients with tetralogy of Fallot. *Bull. Johns Hopkins Hospital* 80 : 121, 1947.

5 BING (R. J.) et coll. — Catheterization of coronary sinus and middle cardiac vein in man. *Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.* 66 : 239, 1947.

6 BING (R. J.) et coll. — The measurement of coronary blood flow, oxygen consumption and efficiency of the left ventricle in man. *Am. Heart Journal* 38 : 1, 1949.

7 V. Rubio ALVAREZ et coll. — Cateterizacion del conducto arterioso. *Archives del Instituto de Cardologia de Mexico* 19 : 583, 1949.

8 R. LIMON y V. Rubio ALVAREZ. — Cateterismo en comunicacion inter-auricular. *Ibid.* 19 : 545, 1949.

9 J. Mac MICHAEL. — Notes on cardiac output methods. *Fed. Proceedings* 4 : 212, 1945.

10 LEQUIME (J.) et DENOLIN (H.) — Catheterisme du sinus coronaire. *Arch. Mal. cœur et vaisseaux* 8 : 811, 1949.

11 LENÈGRE (J.) et MAURICE (P.) — Premières recherches sur la pression ventriculaire droite. *Arch. Mal. cœur et vaisseaux* 1944, 37, 101.

12 LENÈGRE (J.), MAURICE (P.) et SCÉBAT (L.) — L'hypertension artérielle pulmonaire. *Bull. et Mém. Soc. Méd. Hôp. Paris* 1948, 64, 859.

13 SOULIÉ (P.), CARLOTTI (J.) et coll. — Le cathétérisme cardiaque dans les malformations congénitales. *Arch. Mal. cœur et vaisseaux*, 1 : 1, 1949.

14 SOULIÉ (P.) et CARLOTTI (J.) — Le cathétérisme du sinus coronaire. *Arch. Mal. cœur et vaisseaux* 8 : 818, 1949.

15 HELLEMS (H. K.), HAYNES (F. W.), DEXTER (L.) and KINNEY (T. D.) — Pulmonary capillary pressure in animals estimated by venous and arterial catheterization. *Am. J. Physiol.* 155 : 1, 1948.

16 HOLT et KNOEFEL. — *Fed. Proc. Am. Physiol. Society* 1944.

17 André COURNAND. — Measurement of the cardiac output in man using the right heart catheterization. *Fed. Proceedings* 1945, 4, 207.

18 HAMILTON (W.F.), G. BREWER *and* I. BROTMAN. — *Am. J. Physiol.* 107 : 427, 1934.

19 BLOOMFIELD et coll. — Recording of right heart pressures in normal subjects and in patients with chronic pulmonary disease and various types of cardiocirculatory disease. *J. of Clinic. Investig.* 25 : 639, 1946.

20 APERIA (A.) — Hemodynamical Studies. *Skandinav. Arch. Physiol.* Supplément 16 to vol. 83 : 1940.

21 LAUBRY, COTTENOT, ROUTIER et HEIM de BALSAC. — Etude anat. radiol. du cœur et des gros vaisseaux par opacification. *Journal de radiologie* 1-5-1935, 2-10-1935.

22 BING (R. J.), VANDAM (L. D.) and GRAY (F. D.) Jr. — Physiological studies in congenital heart disease. I. Procedures. *Bull. Johns Hopkins Hosp.* 80 : 107, 1947.

23 DEXTER (L.) et coll. — Studies of congenital heart disease. I Technic of venous cath. as a diagnostic proc. *J. of Clinic. Investig.* 26 : 547, 1947.

24 GRAY (F. D.) Jr, BING (R. J.) and VANDAM (L.D.) — An evaluation of a method involving carbon dioxide equilibration for determining cardiac output. *Am. J. of Physiology* : 151, n° 2, 1947.

25 BING (R. J.) — The Physiology of Congenital Heart Disease. *Nelson's Loose Leaf Medicine.*

26 DEXTER (L.) et coll. — Studies of the pulmonary circulation in man at rest. *J. of Clinic Investig.* 29 : 602, 1950.

27 COURNAND (A.), RILEY (R.L.) et coll. — Measurement of cardiac outp ut inman using the technique of cath. of right auricle and ventricle. *J. of Clin. Investig.* 24 : 106, 1945.

28 HELLEMS (H. K.), HAYNES (F. W.), GOWDY (J. F.) and DEXTER (L.) — Pulmonary capillary pressure in man. *J. of applied physiologie* 2: 24, 1949 - *J. of Clin. Investig.* 27 : 540, 1948.

29 H. LAGERLÖF and L. WERKÖ. — Studies on the circulation of blood in man. VI : The pulmonary capillary venous pressure pulse in man. *Scand. J. of clinical and lab. investig.* vol. I, 1949, n° 2.

30 COURNAND (A.), MOTLEY (H. L.), HIMMELSTEIN (A.), DRESDALE (D.) and BALDWIN (J.) — Recording of blood pressure from the left auricle and the pulmonary veins in human subjects vith interauricular septal defects. *Am. J. Physiol.* 150, 267, 1947.

31 OPDYKE (D. F.), GERHARD (A.), BRECHER. — Effect of normal and abnormal changes of intrathoracic pressure on effective right and left atrial pressures. *Am. J. Physiol.* 160, 556, 1950.

32 Helen B. TAUSSIG and Richard J. BING. — Complete transposition of the aorta and a levoposition of the pulmonary artery. *Am. Heart Journal* vol. 7, n° 4, 551, 1949.

33 HAYNES (F. W.), KINNEY (T. D.), HELLEMS (H.K.) and DEXTER (L.) — Circulatory changes in experimental pulm. embolism. *Fed. Proc.* 1947, 6, 125.